

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РУДНИКАХ АК «АЛРОСА»

Власов С.Г.<sup>1</sup>

*ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия (677000, г. Якутск, ул. Белинского, д. 58), e-mail: [vlasovsg@alrosa.ru](mailto:vlasovsg@alrosa.ru)*

Исследован состав пластовых вод в районе разработки алмазных месторождений при промышленном освоении основных кимберлитовых трубок в Мирнинском районе (трубки «Интернациональная», «Мир»). Газовыделение из указанных рассолов является важным фактором в сокращении фактического и нормативного срока эксплуатации горного оборудования. Определено, что для увеличения срока службы подземного горного оборудования необходимо провести исследования состава рассолов и растворенных в них газов, сделать оценку закономерности их влияния на конструктивные узлы и агрегаты подземного горного оборудования. Также необходимо произвести ранжирование природных факторов по степени их негативного воздействия на срок эксплуатации подземных горных машин; провести исследования воздействия газов и рассолов на работоспособность элементов (узлов) основных агрегатов и предусмотреть использование защитных мер от коррозионных процессов.

Ключевые слова: горное оборудование; метегероичерский водоносный горизонт; сероводород; нормативный срок эксплуатации; коррозия.

## APPLICATION OF ELECTROCHEMICAL PROTECTION IN ORDER TO PROLONG THE OPERATION OF UNDERGROUND MINING EQUIPMENT FOR DC «ALROSA» MINES

Vlasov S.G.<sup>1</sup>

*FGAOU VPO «North-Eastern Federal University», Yakutsk, Republic Saha (Yakutia), Russia (677000, Yakutsk, street Belinskogo, 58), e-mail: [vlasovsg@alrosa.ru](mailto:vlasovsg@alrosa.ru)*

It was investigated the composition of stratal water in the area of diamond deposits exploitation in the industrial development of the major kimberlite pipes in the Mirny district (pipes "International", "Mir"). Gassing of the investigated brines is an important factor of reducing the actual and normative periods of mining equipment exploitation. It was determined should be studied the composition of brines and dissolved gases for extending the normative periods of underground mining equipment exploitation. Necessary to make an assessment of their impact on patterns of constructive units and aggregates of mining equipment. It is also necessary to make a ranking of natural factors depending on the negative impacts degree on operation of underground mining equipment. It is also necessary to carry out investigations on the impacts of gases and brines on the operation of elements of the main units and incorporate the protective measures using against corrosion processes.

Keywords: mining equipment; metegeroichersky aquifer; hydrogen sulphide; normative period of exploitation; corrosion.

### Введение

Основным отрицательным фактором геологического строения районов месторождений алмазосодержащих кимберлитов в Западно-Якутском регионе [3], препятствующего проведению подземных горных работ, является существование метегероичерского водоносного горизонта с высоким содержанием различных газов. Газовыделение из рассолов является весьма важным фактором в сокращении нормативного срока эксплуатации подземного горного оборудования только из-за содержания высокотоксичного сероводорода; остальные газы, вследствие их незначительной концентрации, не представляют практической сложности при обеспечении газобезопасности обычными средствами шахтной вентиляции.

## Методы и результаты исследований

Наличие сероводорода в пластовых водах было установлено еще при предварительных геологических исследованиях района разработки алмазных месторождений; кроме того, в результате тех же исследований, а также по данным, полученным при промышленном освоении основных кимберлитовых трубок в Мирнинском районе, было установлено, что в рассолах метегероичерского горизонта содержатся также азот, метан, этан, углекислый газ, инертные газы. Максимальное содержание всех газов в целом составляет  $0,2 \text{ м}^3 / \text{м}^3$  (при массовых долях метана - 45-50%, азота - 35-45%, сероводорода - 0,8-1,0%). Максимальное же содержание сероводорода, в частности, составляет до 160-180 мг/л при температуре  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  и общей минерализации 90-130 г/л.

В 1980-90-е годы на месторождении «Мир» в водоносном метегероичерском комплексе вокруг трубки была сооружена противофильтрационная глиноцементная завеса и водоотливная система в карьере, позволившие отработать открытым способом запасы кимберлитов до практически безводного горизонта на глубине 525 м. Для дальнейшего освоения более глубоких горизонтов применяется подземная отработка месторождения. В 2002 г. водоносный горизонт был по всей глубине профиля вскрыт карьером. Технология обеспечения безопасности работ была организована следующим способом: поступающие в карьер рассолы откачивались насосными установками и направлялись по водоводу в накопитель, расположенный за пределами промышленной зоны г. Мирный, а из накопителя минерализованные воды по системе обратной закачки нагнетаются в исходный метегероичерский водоносный горизонт на расстоянии 9 км от трубки «Мир». По оценкам специалистов АК «АЛРОСА», в результате создаваемого в пластовых водах давления около 25-30% от объема откачанных рассолов поступает обратно в карьер.

В подземные горные выработки рудника «Мир» максимальный приток сероводородсодержащих вод составляет около  $1200 \text{ м}^3/\text{час}$  (при среднем значении  $500\text{-}600 \text{ м}^3/\text{час}$ ) [4]. В настоящее время выполняются проектные решения по отработке подземным способом разведанных запасов. Мониторинг содержания сероводорода в пластовых водах, просачивающихся в подземные выработки данного рудника, показал некоторое снижение его концентрации до 50-90 мг/л (в среднем). Тем не менее даже такая незначительная концентрации сероводорода представляет собой серьезную угрозу безопасности проведения подземных горных работ в горных выработках на месторождениях рудников «Мир» и «Интернациональный», а также ведет к сокращению нормативного срока эксплуатации подземного самоходного горного оборудования (СГО), многократному увеличению затрат на содержание и безопасную эксплуатацию подземных горных выработок. В связи с этим проблема нейтрализации сероводорода, поступающего из пластовых вод метегероичерского водоносного гори-

зонта, является весьма актуальной с точки зрения не только промышленной безопасности производственного процесса, но и снижения затрат на приобретение, замену СГО.

Решением проблемы является создание рациональной системы нейтрализации сероводорода на основе экономически эффективной и экологически безопасной технологии для защиты подземного горного оборудования от коррозии. В настоящее время только на руднике «Мир» используются более 40 единиц СГО и десятки километров подземных коммуникаций (трубы и трубопроводная арматура). Подземное горное оборудование эксплуатируется в выработках II класса, опасных по горючим газам (зонах), в которых прогнозируется или выявлена возможность струйного или диффузионного выделения природных газов, в результате чего при проектных (паспортных) параметрах вентиляции может быстро образовываться газовая смесь с содержанием горючих газов в диапазоне 0,2-0,5 об. % и опасных по сероводороду. Срок службы капитальных подземных горных выработок составляет 15 лет.

Одними из наиболее уязвимых с точки зрения снижения срока эксплуатации являются основные конструктивные элементы дорогостоящего оборудования, изготовленные из сплавов цветных металлов; например, клапаны управления перемещением бурового станка марки СММ-2А (рис. 1). Данные элементы являются двойными управляемыми запорными клапанами со встроенным челночным запорным клапаном для управления пружинным тормозом с гидравлическим растормаживанием. Эти два клапана регулируют выполнение функций рулевого управления установкой на основе метода бортовой передачи, при котором гусеницы должны поворачиваться при разной скорости и скользить (или немного проскальзывать) для того, чтобы установка повернулась в необходимую сторону. По результатам проведенных в июле 2012 г. исследований из-за выхода из строя клапанов управления перемещением буровые станки марки СММ-2А были заменены на новые в количестве 2 штук. Эксплуатация данного оборудования проводилась в выработках II класса, опасных по горючим газам при проектных параметрах вентиляции.



Рис. 1. Буровой станок СММ-2А: а – общий вид, б – клапан управления перемещением, вышедший из строя в результате воздействия агрессивной среды.

В таблице 1 приведены данные о фактическом и нормативном сроках эксплуатации СГО в настоящее время.

Таблица 1 - Анализ потерь при эксплуатации подземного горного оборудования в условиях воздействия агрессивной среды

Наименование	Срок эксплуатации, мес.		Ориентировочная стоимость, тыс. руб.	Количество, шт.	Потери в год, млн руб.
	Нормативный	Фактический			
Задвижка, Ø150 мм	6	36	80	400	53,3
Рабочее колесо центробежного секционного насоса	1	36	80	48	3,84
Буровой станок марки СММ-2А	13	9	38068	2	76,126

Повышение надежности и долговечности машин, оборудования и металлоконструкций лежит в основе создания металлосберегающих технологий. Как известно, одним из факторов, уменьшающих срок службы металлоизделий, является коррозия [1; 6]. Нами были проведены исследования химического состава образца клапана управления перемещением бурового станка марки СММ-2А исходного (материал – сплав 6061 на основе алюминия) и после 180 (в среднем) дней эксплуатации в выработках II класса в зоне воздействия рассолов.

Определения химического состава выполнялись с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора металлов «S1 TITAN» (Bruker, Германия). Химический состав материала клапана до эксплуатации, масс. %, соответственно: Al – 97,66; Mg – 1,06; Si – 0,55; Ti – 0,02; Cr – 0,06; Mn – 0,03; Fe – 0,24; Cu – 0,31; Zn – 0,04.

На рис. 2 приведено сравнение по содержанию элементов до и после коррозии в поверхностном слое исследуемого образца.

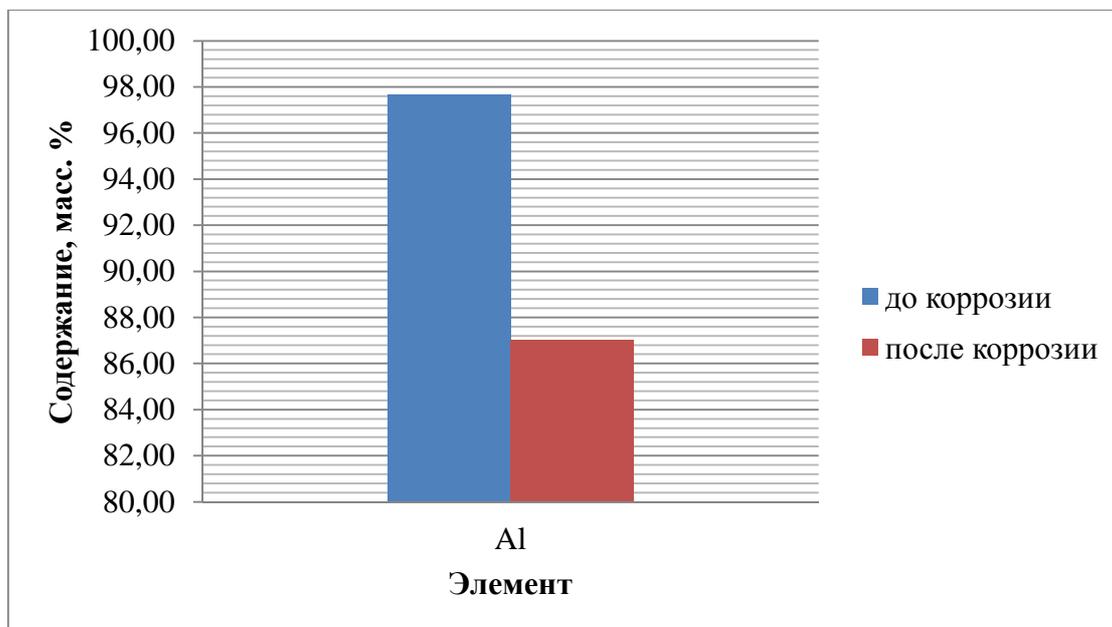
В настоящее время имеются данные об исследованиях, направленных на нейтрализацию вредных растворенных в рассолах газов различными методами [5]. Однако недостаточно полно изучены вопросы о воздействии агрессивной окружающей среды на срок эксплуатации горных машин и выборе методов защиты основных конструктивных элементов СГО от коррозии для повышения их надежности и увеличения срока службы. Одним из предлагаемых методов защиты от коррозии, влияющей на работоспособность конструктивных узлов основного подземного горного оборудования, является электрохимический метод нейтрализации сероводорода из пластовых рассолов, в зоне наличия которых эксплуатируются горные машины.

В связи с этим основной задачей наших исследований является изучение конструктивных особенностей подземного СГО при работе в условиях агрессивного воздействия содержащихся в пластовых водах газов. При этом необходимо обратить особое внимание на элементы (узлы), в которых предусмотрено изготовление отдельных деталей из сплавов цветных металлов, подверженных коррозионному воздействию [2].

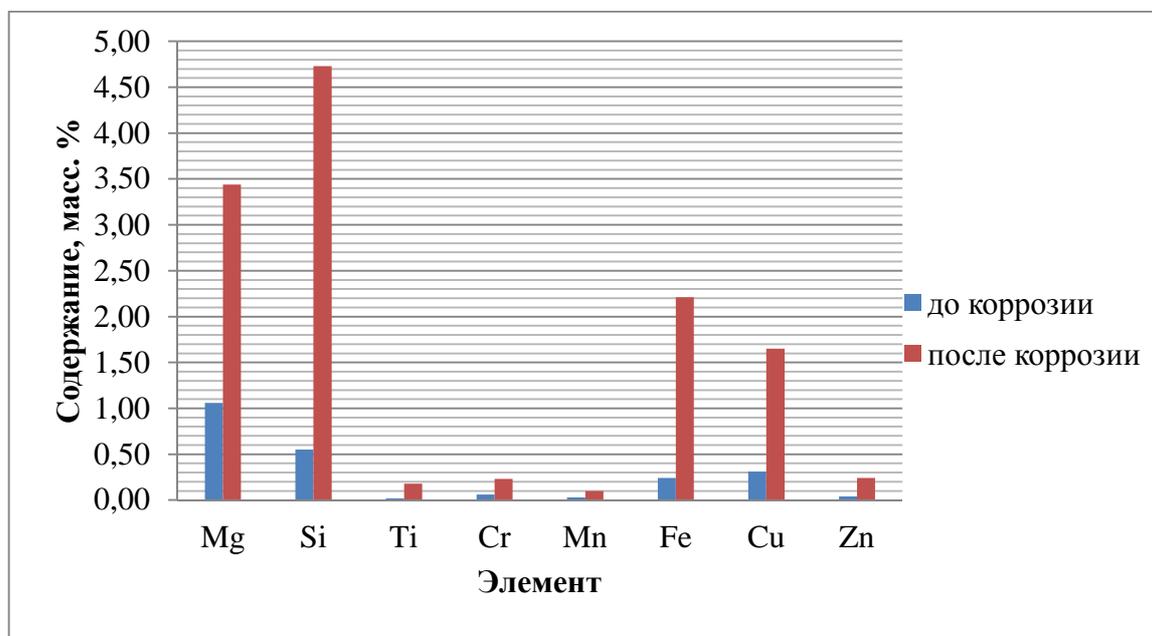
### **Заключение**

Таким образом, для разработки мероприятий для увеличения срока службы подземного горного оборудования, эксплуатируемого в районах с присутствием пластовых вод метеогероичерского водоносного горизонта, необходимо:

- провести исследования химического состава рассолов (в частности, растворенных в них вредоносных газов) и сделать оценку закономерности их влияния на основные узлы и агрегаты подземного горного оборудования;
- произвести ранжирование природных факторов по степени негативного воздействия на срок эксплуатации изучаемого подземного горного оборудования;
- провести исследования воздействия газов и рассолов на работоспособность основных конструктивных элементов СГО;
- предусмотреть использование защитных мер от коррозионных процессов.



а



б

Рис. 2. Содержание элементов (масс.%) сплава клапана управления перемещением станка до и после эксплуатации в зоне агрессивной среды: а – алюминия (основного металла); б - других элементов.

### Список литературы

1. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н. Защита металлов от коррозии : учеб. пособие. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012. – 157 с.

2. Власов С.Г. Исследования в области защиты горного оборудования от агрессивной среды // Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов : материалы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием (24-25 апр. 2014 г., г. Иркутск). – Иркутск, 2014. – С. 5-6.
3. Мирнинский ГОК : сайт. – URL: <http://www.alrosa.ru/corporate-structure.htm> (дата обращения: 19.05.2014).
4. Прогноз газонефтепроявлений по рудникам «Интернациональный» и «Мир» на полную глубину разведанных запасов : отчет о НИР // Гипроникель. – Ленинград, 1995. – 120 с.
5. Теория и практика применения электрохимического метода водоподготовки с целью интенсификации процессов обогащения алмазосодержащих кимберлитов // В.А. Чантурия, Э.А. Трофимова, Г.П. Двойченкова [и др.] / Горный журнал. – 2005. - № 4. – С. 51-55.
6. Шлугер М.А., Ажогин Ф.Ф., Ефимов Е.А. Коррозия и защита металлов. – М. : Металлургия, 1981. – 216 с.

**Рецензенты:**

Гадоев М.Г., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Фундаментальная и прикладная математика», Политехнический институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в г. Мирном (МПТИ (ф) СВФУ), г. Мирный.

Немчинова Н.В., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Металлургия цветных металлов», ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск.