

УДК 669.743.27: 669.054.83

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНОГЕННЫХ РУДНИЧНЫХ ВОД

Муллина Э.Р.

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: erm_73@mail.ru*

В статье рассмотрены условия формирования рудничных вод горных предприятий Урала. Установлено что руды колчеданных месторождений Урала содержат более 40 химических элементов, из которых основными являются сера, железо, медь, цинк, марганец и др. Проанализированы факторы, влияющие на миграцию химических элементов. Представлен химизм процесса окисления сульфидных месторождений. Проанализированы факторы, влияющие на скорость окисления сульфидов. Рассмотрены основные факторы, формирующие химический состав исследуемых объектов. Установлено что, наиболее интенсивно техногенез формируется на территориях, где одновременно производится промышленное освоение целой группы близко расположенных друг к другу месторождений полезных ископаемых. Рассмотрено явление изоморфизма. Представлен основной минеральный состав окисленных руд. Дан анализ схем сбора рудничных вод и их очистки от тяжелых и цветных металлов, на горнорудных предприятиях Уральского региона.

Ключевые слова: рудничные воды, процессы формирования, факторы, компонентный состав, переработка

GEOCHEMICAL PROCESSES OF FORMATION HYDROTECHNOGENIC MINE WATERS

Mullina E.R.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: erm_73@mail.ru

The article considers the conditions of formation of mine waters of mining enterprises of the Urals. It is established that the ore is massive sulfide deposits of the Urals contain more than 40 chemical elements, of which the main ones are sulphur, iron, copper, zinc, manganese etc. Analyzed the factors influencing the migration of chemical elements. Presents the chemistry of oxidation of sulfide deposits. Analyzed the factors affecting the rate of oxidation of sulphides. The main factors forming the chemical composition of the studied objects. Established that the most intensive technogenesis is formed in the areas where simultaneously made industrial development a whole group of closely located to each other of mineral deposits. Examines the phenomenon of isomorphism. The mineral composition of oxidized ores. The analysis of the acquisition of mine waters and their purification from heavy and non-ferrous metals by mining enterprises of the Ural region.

Keywords: drainage, formation processes, factors, component composition, processing

Геохимическая зональность имеет сложное концентрическое строение геохимических ореолов и закономерное изменение состава главных рудных минералов, из которых главным является пирит – носитель халькофилов в ореолах [1, 2, 4].

В рудах колчеданных месторождений Урала установлено более 40 химических элементов, из которых основными являются сера, железо, медь, цинк, марганец и др. К сопутствующим элементам относятся золото, серебро, селен, теллур, кадмий. Промышленный интерес в отдельных типах месторождений представляют свинец, кобальт, молибден, индий, мышьяк, ртуть, кадмий, висмут и др. Некоторые из них (кадмий, ртуть, кобальт и др.) оказывают вредное токсикологическое влияние на человека [5, 13].

При освоении месторождений происходит не только извлечение промышленных руд, но и изменение всей геосистемы [4, 14]. Техногенные отложения при этом могут повторять геологическую зональность в обратной последовательности, при этом стирается и геологическая зональность [15].

Процесс освоения месторождений происходит при участии поверхностных и подземных вод. Сложная миграция химических элементов обусловлена движением воды в горных породах и рудах, которое полностью изменяется при ведении осушительных работ. Руды и вмещающие породы выветриваются как механически, так и химически.

Современная гидрогеодинамическая и гидрогеохимическая структура подземной гидросферы Южного Урала сформировалась в результате длительной эволюции под воздействием комплекса естественноисторических процессов. В последние годы происходит глубокое проникновение техногенных процессов в геологическую среду (до 2000 м). Наиболее интенсивно техногенез формируется на территориях, где одновременно производится промышленное освоение целой группы близко расположенных друг к другу месторождений полезных ископаемых (Баймакский, Учалинский, Бурибаевский, Маканский и другие рудные районы) [3–6].

При разработках колчеданных месторождений сульфидные руды вступают в непосредственное соприкосновение с кислородом воздуха. Окисление сульфидных месторождений и образование кислых рудничных вод происходит за счет свободного кислорода, который приносится просачивающимися поверхностными водами. В самых верхних подпочвенных горных породах эти воды обогащаются углекислотой [1–4].

Глубина зоны окисления сульфидных месторождений определяется нижней границей, до которой доходит свободный кислород. Положение этой границы не постоянно. Для одного и того же месторождения и его отдельных участков глубина зоны окисления увеличивается по мере отработки и ведения осушительных работ. Например, в карьерах Сибая и Учалов она достигает 600–700 м. Глубины зон окисления сульфидных месторождений Урала зависят от климата, тектонических особенностей, минерального состава, структурных и текстурных характеристик руд и вмещающих горных пород, трещиноватости массива, от условий залегания и др. [4].

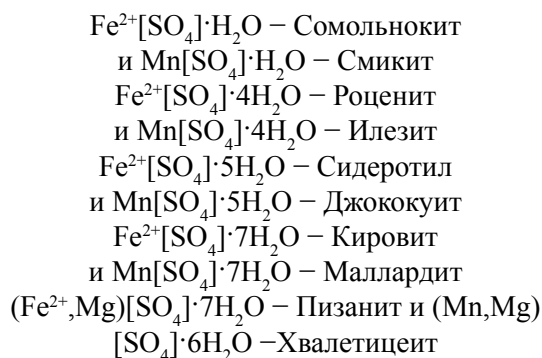
Химический состав жидких техногенных отходов зависит от состава и растворимости твердых веществ, с которыми вода взаимодействует, а также от условий, в которых это взаимодействие осуществляется [2, 7, 12].

Под влиянием кислорода воздуха и богатых кислородом инфильтрационных вод в верхних горизонтах залежей сульфидных руд развиваются процессы окисления сульфидных минералов, которые ведут к образованию хорошо растворимых в воде сернистых и сульфатных соединений. Наиболее характерными соединениями, растворенными в этих водах, кроме H_2SO_4 , являются $CuSO_4$, $ZnSO_4$, $FeSO_4$ и $Fe_2(SO_4)_3$, которые наравне с кислородом оказывают окисляющее и растворяющее действие [3, 7–9]. Процессы окисления сульфидов дают начало возникновению разнообразных, хорошо растворимых в воде сульфатов, что обуславливает вынос большого количества цветных металлов из зоны медно-колчеданных месторождений [10, 15].

Значительное влияние на скорость окисления и растворения сульфидов оказывает изоморфизм – явление, присущее сульфидным рудам и проявляющееся в существовании большого числа минералов смешанного состава. Марганец в сульфидных минералах в основном встречается в виде изоморфных примесей. Количество марганца в некоторых разностях может достигать до 4% [8–11].

Сульфаты в зоне гипергенеза рудных месторождений многочисленны и разноо-

бразны. Более 1/3 сульфатов зоны гипергенеза относится к солям Fe. [4]. При описании минералов основное внимание уделено сульфатам Fe как более типичным в составе окисленных руд. Основная группа сульфатов – это купоросы, водные сульфаты Fe^{2+} или разности с изоморфной примесью Cu, Zn, Mn и Mg. Для окисленных пиритсодержащих месторождений наиболее характерны следующие марганцевые «купоросы» [3, 8]:



Растворимость сульфатов железа и марганца в воде очень высокая. Одно из условий устойчивости купоросов – высокая кислотность растворов ($pH < 3$) и низкий окислительный потенциал среды ($< 0,2$ В).

На скорость окисления сульфидов, как на самих месторождениях, так и в отвалах, хвостохранилищах влияют следующие факторы: температура среды, крупность зерен сульфидов, растворимость образующегося сульфата, скорости движения подземных вод и др.

Ускорение реакции окисления обязано так же электрическому току, образующемуся вследствие разности потенциалов на контакте разных минералов. Ток идет от минерала с более высоким потенциалом, чем он, и предохраняется от окисления и растворения. Минерал с более низким потенциалом растворяется быстрее [4].

Состав рудничных вод постоянно изменяется в зависимости от количества поступающих поверхностных, особенно, если есть связь с водами рек, ручьев, озер.

Образованные сульфаты обычно мигрируют с рудничными водами при достаточно малых значениях pH.

Если кислые рудничные воды проходят через карбонатные породы, то происходит осаждение, выпадение из растворов значительной части металлов.

В значительно меньшей степени на нейтрализацию кислых рудничных вод влияют полевые шпаты, амфиболы, пироксены. Неактивными являются кварц, роговики [1–4].

Нейтрализация воды может происходить так же путем адсорбции. Зоны окисления богаты такими коллоидными продукта-

ми как гели кремнезема, алюмокремниевых соединений, гидратов Fe, Al и др. Большая часть этих коллоидов имеет отрицательный заряд и легко адсорбирует катионы из сульфатных рудничных вод.

Анализ схем сбора стоков, их очистки от тяжелых и цветных металлов, организации водооборота на рассмотренных горнорудных предприятиях показал, что значительные объемы образующихся техногенных вод ГОКи переработать не имеют возможности [1, 8, 15]. Поэтому в большинстве случаев воды подвергаются нейтрализации известью с осаждением металлов в виде гидроксидов на дно искусственных прудов, а осветленные в этих прудах нейтрализованные воды сбрасываются на рельеф или в естественные водоемы [1, 2]. Подобные технологии способствуют созданию вторичных техногенных образований со сложным поликомпонентным составом, а также не решают проблем экологии и ресурсосбережения.

Таким образом, проведенный анализ условий формирования рудничных вод показал, что техногенез горнорудного профиля ведет к скоплениям значительных объемов техногенных вод, формируя техногенные металлсодержащие гидроресурсы. Данные воды отвечают трем главным требованиям, предъявляемым к перерабатываемому сырью – качеству, количеству и возможности извлечения из них ценного сырья. Вовлечение в переработку данного вида сырья позволит более полно использовать природные ресурсы. А так же снизит экологическую нагрузку на регион.

Список литературы

1. Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М. Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды Башкирского Зауралья и их охрана от загрязнения и истощения // Геологический сборник. – 2006. – № 6. Информационные материалы. – С. 266–269.
2. Белан Л.Н. Эколого-геохимическое состояние горнорудных районов Башкирского Зауралья // Вестник ОГУ. – 2005. – № 6. – С. 113–117.
3. Борнеман-Старынкевич И.Д. Химические анализы и формулы минералов. М., 1969. – 256 с.
4. Емлин Э.Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. – Свердловск: Изд-во Урал. университета, 1991. – 256 с.
5. Минигазимов Н.С., Мустафин С.К., Зайнуллин Х.Н. Влияние горнодобывающего комплекса на состояние окружающей среды Южного Урала (на примере Респ. Башкортостан) // Экологические проблемы промышленных зон Урала: Сб. науч. трудов междунауч. конф. – Магнитогорск, 1998. – Т. 1. – С. 42–48.
6. Митрофанов С.И. и др. Комбинированные методы переработки окисленных и смешанных руд. – М.: Изд-во «Недра», 1970. – 288 с.
7. Мишурина О.А. Электрофлотационное извлечение марганца из гидротехногенных ресурсов горных предприятий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3. – С. 72–74.
8. Мишурина О.А. Технология электрофлотационного извлечения марганца в комплексной переработке гидротехногенных георесурсов медноколчеданных месторождений – автореф. дис. ... канд. техн. наук / Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2010.
9. Мишурина О.А., Муллина Э.Р. Химические закономерности процесса селективного извлечения марганца из техногенных вод // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 3. – С. 58–62.
10. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Особенности химических способов извлечения марганца из технических растворов. // Молодой ученый. – 2013. – № 5. – С. 84–86.
11. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Деманганация сточных вод растворами хлорной извести. // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 9 (76). – С. 115–118.
12. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Химические превращения кислородсодержащих ионов хлора растворов при разных значениях диапазона pH // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2–2. – С. 43–46.
13. Мустафин А.Г., Ковтуненко С.В., Пестриков С.В., Сабитова З.Ш. Исследование экологического состояния реки Таналык республики Башкортостан. // Вестник Башкирского университета. – 2007. – Т. 12; № 4. – С. 43–44.
14. О видах технологических процессов для удаления из промышленных сточных вод металлов. Blaise J.-F., Dufreshe S., Mercier G. Rev. Sci. eau. 1999, №4. – С. 687–711.
15. Табаксблат Л.С. Техногенные попутные воды месторождений Урала // Известия вузов. Горный журнал. – 1997. – № 11. – С. 66–75.