

районе ГРЭС до 0,5 в противоположной стороне. По его величине можно предположить, что в районе, связанном с рекреационной нагрузкой наблюдается загрязнение лабильным органическим веществом и микрофлора с его деструкцией не справляется.

Нефтеокисляющие бактерии были выявлены только в районе точки отбора №1 в количестве 950 кл/мл. Здесь же были обнаружены бактерии, окисляющие пареообразные углеводороды бензол и пентан также обнаружены повсеместно с достаточно высокой интенсивностью развития. Как известно, бензолокисляющие и пентаноокисляющие микроорганизмы используются в качестве индикаторов наличия в природных средах нефти и ее дериватов [1]. Полученные результаты в данных исследованиях позволяют предположить наличие в воде точки опробования №1 растворенных углеводородов нефти.

Оценку экологического состояния акватории осуществляли по количеству психрофильных сапрофитов [2]. В соответствии с полученными данными вода озера в точке №1 является загрязненной, а в точке №2 – очень грязной.

Анализ химического состава воды озера выявил наличие загрязняющих веществ нефтяного и органического загрязнения. Эти загрязняющие вещества по месту нахождения связаны с промышленными предприятиями. Максимальным количеством загрязняющих компонентов характеризуется точка №1, техногенная нагрузка которой связана преимущественно с выбросом в акваторию нефтепродуктов и СПАВ. В соответствии с вещественным составом загрязняющих веществ в воде точки опробования размножаются преимущественно нефтеокисляющие и углеводородокисляющие бактерии.

Техногенная нагрузка в точке №2 связана с поступлением в воду большого количества лабильных органических веществ и биогенных элементов, поэтому здесь преимущественно размножаются психрофильные сапрофиты, жизнедеятельность которых количественно связана с органическим веществом.

Микробное и химическое загрязнение акватория озера в большой степени связано с характером антропогенной нагрузки, и в различных его участках по экологическому состоянию озеро является поли- и мезосапробным.

#### Литература

1. Гавришова Н.А. О комплексе микробиологических показателей при характеристике качества воды // 2. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. – М., Наука, 1980. – 240 с.
2. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. – Л.: Наука, 1970. – 440 с.

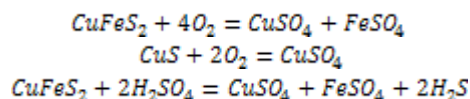
### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВТОРИЧНОГО МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ (НА ПРИМЕРЕ СУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ)

К.В. Белов, М.В. Жарова, Е.В. Антошина

Научный руководитель доцент К.В. Белов

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

В верхней части геологического разреза в присутствии кислорода воздуха, органического вещества, микроорганизмов (тио- и ферробактерий) происходит окисление сульфидов (халькопирита  $\text{CuFeS}_2$ , ковеллина ( $\text{CuS}$ ), борнита ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )) с образованием хорошо растворимых сульфатов. Растворимость большинства сульфатов значительна (сотни граммов на литр). В результате окисления сульфидных минералов образуется медный купорос ( $\text{CuSO}_4$ ), серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и другие соединения. Химические реакции схематично можно записать следующим образом [6]:

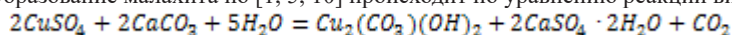


В процессе окисления pH подземных вод снижается до 2 и менее, происходит переход элементов из низших валентностей в высшие ( $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ), формируются кислые сульфатные (купоросные) воды с минерализацией до 300 г/л и повышенным содержанием микроэлементов (меди, свинца, цинка и других) [6]. Совместно с растворением и выщелачиванием происходят процессы, переводящие растворенные вещества из жидкого состояния в твердое. Эти процессы характерны для участков, где кислые воды встречаются с щелочными водами, либо с сероводородными водами. При этом образуются вторичные медные минералы, выделяются газы, происходит коагуляция горных пород [3].

В настоящей работе предпринята попытка воспроизведения процессов образования малахита и ковеллина в лабораторных условиях, а также оценка последствий выпадения солей из раствора (изменения фильтрационных свойств пород, главными из которых являются коэффициенты фильтрации ( $K_f$ ) и водоотдачи ( $\mu$ )).

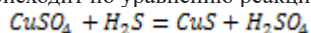
Авторы работы используют следующие уравнения, описывающие процесс образования малахита и ковеллина:

1) Образование малахита по [1, 5, 10] происходит по уравнению реакции вида:



Указанная реакция обмена происходит в случае, если кислые купоросные воды, двигаясь к участкам разгрузки встречают карбонатные породы.

2) Образование ковеллина по [5] происходит по уравнению реакции вида:



В природе такое взаимодействие происходит при смешении кислых купоросных вод окислительной обстановки (господствующий газ – кислород) с водами восстановительной обстановки (господствующий газ – сероводород).

Исходя из уравнений реакций, исходными веществами являются вода, известняк ( $\text{CaCO}_3$ ) или доломит ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), углекислый газ и водный раствор медного купороса ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).

Воспроизведение в лаборатории указанных реакций планировалось на специально сконструированной установке. Она представляет собой пластиковую трубу длиной 1,1 м и диаметром 10,5 см, заполненную песком. В нижней части трубы размещаются две металлические трубки, согнутые в спирали. К трубкам посредством шлангов подводятся реагенты. Перед укладкой песка в колонну была залита вода. В самую нижнюю часть (10-15 см) помещен крупный песок (1-2 мм) для предотвращения попадания пылеватого песка в медные трубки. Сверху крупного песка насыпался пылеватый песок (мощность засыпки около 1 м). Песок насыпался мелкими порциями и трамбовался. Сверху колонны в 1,5 см от верхнего края просверлено отверстие, к которому подключен шланг через штуцер для слива излишков воды.

Стоит отметить, что до насыщения колонны с песком реакции осуществлялись в колбах без грунта.

Для воспроизведения процесса образования малахита авторами работы был приготовлен водный раствор медного купороса и доломитовая мука. При смешении раствора и доломитовой муки, вне зависимости от концентрации реагентов и их температур, химической реакции не происходило: цвет раствора не изменялся, выделения газа заметно не было. Реакция не происходила также и при подкислении смеси серной кислотой или при пропускании углекислого газа через смесь реагентов. При замене доломитовой муки на белый хемогенный дробленный известняк, химическая реакция обмена произошла сразу же. Цвет раствора изменился с насыщенного голубого на светло-зелёный, при этом в течение нескольких часов происходило выделение углекислого газа. Повышение температуры для протекания реакции не потребовалось.

Получившийся в ходе реакции осадок был без промывки выпарен, после чего произведен его рентгено-структурный анализ, который выявил наличие медистых минералов и гипса: познякита ( $\text{CuSO}_4(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), серпиерита ( $\text{Ca}(\text{Cu,Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), девиллина ( $\text{Cu}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), ортосерпьерита ( $\text{CaCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), и  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Образование малахита в ходе реакции не произошло. По этой причине воспроизведение образования малахита в установке с песком не проводилось.

Для воспроизведения образования ковеллина в качестве реагентов использовались водный медный купорос и сероводородная вода. Реагенты до насыщения колонны с песком были смешаны. При добавлении сероводородной воды к раствору медного купороса наблюдалось выпадение обильного черного осадка. После отстаивания осадок был высушен и отправлен на рентгено-структурный анализ. В результате анализа установлено, что испытуемый образец является минералом ковеллином. Таким образом, в лаборатории успешно воспроизведен процесс минералообразования, происходящий в гипергенных условиях. После этого процесс проводился на колонне с песком.

Оценка изменения фильтрационных свойств песчаных пород, главными из которых являются коэффициент фильтрации ( $K_f$ ) и водоотдача ( $\mu$ ), произведена на установке, описанной ранее по методике, изложенной в [2]. Стоит добавить, что для измерения уровня воды в нижней части колонны дополнительно монтировался пьезометр.

Оценка изменения фильтрационных свойств проводилась для песка мелового возраста и песка из аллювиальных отложений четвертичного возраста.

Песок мелового возраста сначала насыщался медным купоросом (4 л), затем подключался тубус с сероводородной водой (4 л) и еще 4 л купоросной воды. Насыщение проводили 3 раза при концентрациях купороса 2, 2 и 4 грамма на 4 литра воды соответственно. Массы выпавших солей при первом и втором насыщениях составили около 0,8 г, при третьем 1,6 г. После каждого насыщения производились замеры  $K_f$  и  $\mu$ . Результаты определений представлены в таблице 1.

**Таблица 1**  
**Результаты изучения изменения фильтрационных свойств для мелкозернистого песка после трехкратного насыщения**

Исходное значение		После первого насыщения		После второго насыщения		После третьего насыщения	
$K_f$ , м/сут	$\mu$ , д.е.	$K_f$ , м/сут	$\mu$ , д.е.	$K_f$ , м/сут	$\mu$ , д.е.	$K_f$ , м/сут	$\mu$ , д.е.
3,6	0,016	2,7	0,019	3,0	0,019	2,9	0,021

Анализируя данные из таблицы 1 видно, что величина водоотдачи, несмотря на выпадение солей из раствора, незначительно увеличилась. При первичном насыщении и выпадении всего 0,8 г сульфида меди величина коэффициента фильтрации изменилась на 20%. Третье насыщение не привело к значительному изменению его величины.

Определение фильтрационных параметров для аллювиального песка проводилось по описанной выше

методике. Однако стоит отметить, что концентрации медного купороса были увеличены до 20 г/л. Результаты определений представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты изучения изменения фильтрационных свойств для аллювиального песка после трехкратного насыщения.**

Исходное значение		После первого насыщения		После второго насыщения		После третьего насыщения	
$K_{\phi}$ , м/сут	$\mu$ , д.е.	$K_{\phi}$ , м/сут	$\mu$ , д.е.	$K_{\phi}$ , м/сут	$\mu$ , д.е.	$K_{\phi}$ , м/сут	$\mu$ , д.е.
3,3	0,13	3,1	0,11	2,4	0,11	2,6	0,05

Анализируя данные из таблицы 2 можно сделать вывод о практически закономерном уменьшении фильтрационных параметров. Однако несмотря на достаточно большое количество выпавшего осадка (около 4 г при каждом насыщении) и его форму выделения (мелкая взвесь, с трудом осаждающаяся в стакане) существенной коагуляции не произошло.

Анализируя результаты работы можно сделать следующие выводы.

1. В лабораторных условиях воспроизвести механизм образования малахита не удалось. Однако был синтезирован аналог природного минерала ковеллина.

2. В условиях эксперимента фильтрационные свойства разных видов песков существенно не изменились. Не привело к кардинальному изменению фильтрационных свойств и увеличение концентраций реагентов в 5 раз.

3. Процесс выпадения солей происходил в лабораторной установке неравномерно, в виде отдельного канала. Это явление возникло несмотря на то, что в основании колонны реагенты подавались равномерно распределенными по площади.

**Литература**

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. Учебное пособие. «КДУ», 2007.
2. Гавич И.К., Лучшева А.А., Семенова С.М. Сборник задач по общей гидрогеологии. Москва, Высшая школа, 1964.
3. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. Москва, «Недра», 1983.
4. Каменский Г.Н., Климентов П.П. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. Госгеолгиздат, Москва, 1953.
5. Колотов Б.А., Крайнов С.Р. и др. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений, «Недра», 1983.
6. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Щвец В.М.. Геохимия подземных вод. Москва, «Наука», 2004.
7. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. Москва, «Географгиз», 1961.
8. Посохов Е.В. Формирование химического состава подземных вод. Гидрометеорологическое издательство, Ленинград, 1969.
9. Шадрунова И.В., Ляховец К.А., Горбатова Е.А., Емельяненко Е.А., Старостина Н.Н. Исследование процессов вторичного минералообразования медьсодержащих руд месторождения Бакр-Узьяк. Москва, МГГУ, 2001.
10. Шуйский А.В. Экспериментальная минералогия и генезис выращиваемого малахита. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Санкт-Петербург, 2015.

**ЭВОЛЮЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ**

**В.Е. Борисова, Е.С. Торопова**

**Научный руководитель профессор А. И. Гавришин**

**Южно-Российский Государственный Политехнический Университет (НПИ)**

**имени М. И. Платова, г. Новочеркасск, Россия**

Формирование химического состава подземных вод происходит под влиянием множества природных и антропогенных факторов, таких как климат, геологическое строение и гидрогеологические условия территории, состав водовмещающих пород, горнодобывающая промышленность, мелиоративная деятельность и другие. Добыча полезных ископаемых сопровождается интенсивным изменением естественного энерго-массопереноса, когда из недр на поверхность земли извлекаются огромные массы горных пород, руд, угля, подземных вод и т.д.; это приводит к существенным изменениям строения, свойств и состава верхней части гидролитосферы, снижению экологического потенциала территории. В Донецком бассейне длительная отработка угольных месторождений и функционирование водопонижительных систем привели к значительному преобразованию гидрогеологических условий на больших территориях. Изменяется режим и баланс подземных вод, происходит трансформация химического состава природных вод с образованием минерализованных шахтных вод, загрязнение поверхностных водотоков, развитие процессов консолидации и уплотнения пород и многие другие явления и процессы.

В районе каждой действующей угольной шахты образуется мощная депрессионная воронка под влиянием интенсивной откачки шахтных вод, в формировании которой принимают участие подземные воды, поверхностные