



А. А. КРУТЬ,
доктор техн. наук
(Институт угольных
энерготехнологий НАН Украины)



Н. И. МУЗАЛЕВСКАЯ,
мл. науч. сотр.
(Институт угольных
энерготехнологий НАН Украины)



А. И. ФАТЕЕВ,
мл. науч. сотр.
(Институт угольных
энерготехнологий НАН Украины)

Постановка проблемы. За последние десятилетия в научно-исследовательских институтах Украины накоплен значительный объем научных знаний и экспериментальных данных, на основе которых достигнуты положительные результаты при использовании способа очистки

УДК 662.7

Минерализация воды при очистке соленого угля

Изложены проблемы, связанные с использованием водного ресурса в технологиях очистки соленых углей. Показаны объемы формирования оборотных вод, необходимых для реализации технологий промывки угля, природные условия для их получения и возможности подземной утилизации после загрязнения. Дана оценка уровня производительности очистного комплекса по деминерализации загрязненных вод.

Ключевые слова: соленый уголь, водная промывка, минерализация воды.

Контактная информация: nina.ceti@gmail.com

соленого угля во время его контакта с водой. Определены условия, характеристики, физико-технические и физико-химические параметры угля и водной среды в качестве исходных данных для поиска технологических решений. Одно из них предложено Институтом угольных энерготехнологий НАН Украины – обогащение угля по соли в отсадочных машинах обогатительных фабрик. При необходимости возможен процесс совмещения обогащения угля по соли и золе [1].

Следует отметить, что научные исследования институтов были направлены на определение зависимости выхода солей натрия в водную среду и поиск таких характеристик угля и воды, а также их соотношений, при которых время контакта угля и воды минимальны. Этот подход диктовался экономическими соображениями применения возможных технологий очистки угля.

Вместе с тем из-за наличия в природных условиях воды приемлемых параметров масштабы объемов ее формирования отходили на второй план. Кроме того, недостаточно изучались вопросы утилизации или очистки загрязненных вод.

Цель исследования – предварительная оценка данных о наличии водного ресурса на месторождениях соленого угля Украины и возможности формирования значительных объемов оборотных вод для реализации разных технологий водной промывки угля.

Результаты исследования. Динамику повышения содержания соли в воде при использовании пресной и технологической воды обогатительной фабрики показано на рис. 1, а в табл. 1 приведены результаты химического анализа воды до и после контакта угля с водой, из которых следует, что выход солей NaCl в водную среду достигает 93 %.

Вместе с тем существуют аспекты водной промывки соленого угля – общие при применении других технических решений.

Использование все более дорогого и в ближайшем будущем весьма ценного водного ресурса в технологиях промывки (обессоливания) соленых углей Западного и Северного Донбасса,

ОБОГАЩЕНИЕ И КАЧЕСТВО УГЛЯ

а также связанные с этим экологические проблемы захоронения либо очистки получаемых в результате сильно минерализованных вод требует более глубокого изучения зависимостей влияния минерализованных вод и их объемов на процесс обессоливания угля, а также сроков службы технологического оборудования обогатительных фабрик.

Экономическая целесообразность применения описанных и других технологий напрямую зависит от указанных факторов.

Например, на обогатительных фабриках уголь (по золе) также обогащают с использованием водной среды. Расход воды составляет 3–4 м³/т, часть ее уходит в шламо- и илонакопители. Для поддержания технологического процесса и циркуляции водной схемы необходим забор свежей воды, который составляет 0,1–0,18 м³/т. Таким образом, полная замена воды на фабрике происходит за 30–40 циклов оборота [2].

При промывке соленого угля концентрация солей натрия в случае применения даже в начале цикла пресной воды достигает 15 г/л при пятом обороте, если уголь менее соленый – при седьмом обороте воды, т. е. на 1 т угля необходимо не 100 л свежей воды, а в 5–7 раз больше. Такая проблема, естественно, требует дополнительного изучения и поиска решения.

Можно продолжать использовать минерализованную воду для очистки угля. В то же время концентрация солей натрия выше 12–16 г/л значительно сокращает срок службы оборудования и на 30 % увеличивает затраты на его капитальный ремонт и замену. Сравнительная характеристика сроков службы и износа оборудования обогатительных фабрик (система удаления отходов флотации), по данным научных исследований УкрНИИуглеобогащение и УкрНИИгидроуголь, приведена в табл. 2.

Еще один аспект формирования объемов оборотных вод – гидрогеологические условия месторождения. Так, геологоразведочные работы на Новомосковском месторождении Западного Донбасса выявили сложные гидрогеологические условия, характеризующиеся наличием многочисленных водоносных горизонтов с высокой минерализацией подземных вод (до 80 г/л). В случае добычи соленого угля шахтные воды будут отнесены к сильносоле-

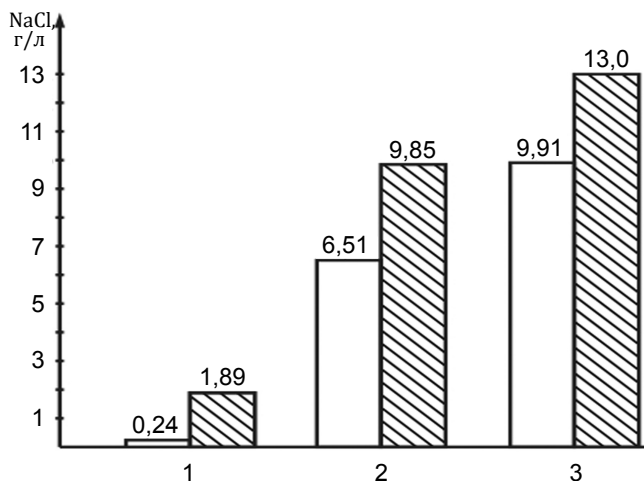


Рис. 1. Выход соли до и после контакта угля с водой: 1 – в пресную (водопроводную) воду, уголь крупностью 0–3 мм, массовая доля гидросмеси 20 %, содержание NaCl в угле 0,89 %, время контакта с углем 20 мин; 2 – в технологическую воду, массовая доля гидросмеси 40 %, содержание NaCl в угле 6,51 г/л; 3 – то же, содержание NaCl в угле 9,91 г/л.

Таблица 1

Химические элементы, показатели	Пресная вода		Технологическая вода*	
	до контакта	после контакта	до контакта	после контакта
<i>Катионы «+», мг/л</i>				
NH ₄	0,17	2,6	1,76	17,5
K	7,6	13,2	29,8	34,6
Ca	88,2	178,1	304,6	1154,3
Mg	19,5	73,7	141,0	345,3
Fe ²⁺	0,4	0,5	0,52	0,63
Fe ³⁺	–	0,21	1,76	0,15
Na	95	820	2560	4060
<i>Анионы «-», мг/л</i>				
HCO ₃	210,8	87,8	150,9	91,2
CO ₃	–	–	–	–
NO ₂	–	0,26	0,1	0,5
NO ₃	2,6	2,0	0,05	0,01
SO ₄	161,3	737,4	372,0	3006,8
Cl	119,4	1187	4560	6610
Взвешенные вещества, мг/л	20	76	112	43
Сухой остаток, мг/л	544	3304	8120	17152
Жесткость общая, мг-экв./л	6	17,73	50,47	85,2
pH воды	7,8	7,55–8,2	6,75	7,2–7,78

Примечание. * Содержание NaCl составляет 6,51 г/л.

ОБОГАЩЕНИЕ И КАЧЕСТВО УГЛЯ

Таблица 2

Тип оборудования, материалы	Усредненные данные по пяти обогачительным фабрикам (минерализация по соли NaCl до 2 г/л)	Данные в условиях ЦОФ «Павлоградская» (минерализация по соли NaCl до 9,91 г/л)
<i>Срок службы, мес</i>		
Углесосы 10У-4	7,1	6,2
В том числе:		
всасывающий патрубок	7,1	6,2
бронедиск	4,3	3,1
крышка всасывающей стороны	7,1	6,2
направитель утечек	4,4	3,2
рабочее колесо	3,9	3,0
подсальниковая втулка	1,9	1,3
<i>Пропускная способность, тыс. т</i>		
Трубопроводы (Сталь 20) на 1 мм износа	100	76
<i>Интенсивность изнашивания, мг/ч</i>		
Сталь 3	128	142
Сталь 20	104	124
Сталь 40Х13	2,0	2,4

ным или даже рассолам (более 50 г/л), т. е. для промывки угля они могут быть непригодны.

Сложность формирования объемов оборотных вод для очистки соленых углей месторождений Северного и Южного Донбасса рассмотрим на примере ЦОФ «Павлоградская». Согласно химическому анализу вод шахт, граничащих с засоленными месторождениями Западного Донбасса (табл. 3), уровень солености вод шахт «Благодатная» и имени Героев Космоса, которые участвуют в формировании водно-шламовой схемы ЦОФ «Павлоградская», весьма высок и относится к соленым и даже сильно-

соленым. Такие минерализованные воды мало пригодны для традиционного обогащения угля из-за их агрессивности к оборудованию обогачительных фабрик (см. табл. 2). В связи с этим задействован приток шахтных вод шахты «Павлоградская» с достаточно низкой минерализацией. Кроме того, для разбавления оборотной воды обогачительной фабрики дополнительно используют воду из трех подземных скважин Бучакского разреза, в которых содержание NaCl не превышает 1 г/л. Благодаря такой сложной схеме содержание NaCl в оборотной воде поддерживается в пределах 6–7 г/л.

Таблица 3

Показатель	Шахта			Смесительный пруд ЦОФ «Павлоградская»
	«Благодатная»	«Павлоградская»	им. Героев Космоса	
Сухой остаток, мг/л	20 395,0	33 805,0	40 145,0	10 880,0
Жесткость, мг-экв./л	94,0	27,0	176,0	58,5
K ⁺ Na ⁺ , мг/л	5058,0	726,5	9173,0	2092,0
Ca ⁺⁺ , мг/л	1090,0	256,5	2164,0	569,0
Mg ⁺⁺ , мг/л	481,5	172,7	829,3	355,0
Cl ⁻ , мг/л	10 934,0	1531,0	20 306,0	4811,0
SO ₄ ⁻ , мг/л	296,0	529,8	106,0	447,0
HSO ₃ ⁻ , мг/л	73,2	258,4	97,6	244

Вопросы захоронения минерализованных вод мало изучены. Известно, что работами по поиску коллекторов для захоронения шахтных вод на Новомосковском месторождении определены отдельные площади и участки, приемлемые для закачки вод и промышленных стоков. Расчеты, выполненные по результатам поисковых работ, показывают, что в пределах одного из выделенных участков в течение 25 лет можно захоронять шахтные воды и другие промышленные стоки с суточной производительностью 4,5–5 тыс. м³ [3]. Однако если на месторождениях Западного Донбасса существуют условия для подземного захоронения высокоминерализованных вод, то сведений по подземным участкам на месторождениях Северного Донбасса нет.

Для улучшения качества соленого угля рекомендуется очистка на базе мембранных технологий, а именно наноочистка воды или очистка обратным осмосом. В этом случае потребуются использование комплекса для предварительной подготовки воды к подаче к главному аппарату очистки (мембране).

Химический анализ пресной воды после контакта с углем (см. табл. 1) свидетельствует не только об увеличении в ней количества взвешенных веществ и коллоидных загрязнений, но и о появлении микробиологических загрязнений, росте концентрации солей кальция, магния, ионов железа. Для каждого из этих загрязнителей необходим отдельный узел очистки, что существенно удорожает комплекс очистки оборотной воды. В этом случае производительность очистного комп-

лекса только для одной отсадочной машины (к примеру, ОМ-18) составляет 180 м³/ч.

Выводы. Процесс очистки угля от хлоридов при контакте угля с водой достаточно исследован. Изучены параметры, характеристики угля и воды, критерии и условия ограничения для получения положительных результатов процесса очистки. На их базе Институтом угольных энерготехнологий НАН Украины предложены технические решения по повышению качества угля. В то же время внедрение технологий обессоливания углей будет сдерживаться двумя основными факторами: необходимостью использования больших объемов промывочной воды с приемлемыми характеристиками и строительством промышленного комплекса по деминерализации оборотных вод большой мощности.

В связи с этим технология обессоливания водной промывки угля требует многопрофильной технико-экономической оценки, а по ее результатам – определения экономической целесообразности применения данного способа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Круть О. А. Перспективи збагачення солоного вугілля Донбасу / О. А. Круть, Н. І. Дунаєвська // Уголь України. – 2015. – № 7–8. – С. 73–76.
2. Справочник по обогащению углей / под ред. И. С. Благова, А. М. Коткина, Л. С. Зарубина. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Недра, 1984. – 614 с.
3. Иванова А. В. Изучение процессов накопления соединений щелочных металлов в углях Донбасса в связи с проблемой их промышленного использования / А. В. Иванова, Т. А. Кривеча, А. К. Охотник // Тез. VII Всесоюз. угольной конф. – Ростов-на-Дону, 1981. – С. 380–382.

ПО МАТЕРИАЛАМ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ УКРАИНЫ» ПРОШЛЫХ ЛЕТ

Год 1977

В статье Н. И. Желяева, К. М. Шведова, А. И. Пенкина «Дифференцированные нормы расхода воды на противопылевые мероприятия при выемке крутых пластов» (журнал № 2) приведены результаты исследований по установлению допустимой влажности и норм расхода воды на проведение обеспыливающих мероприятий при выемке крутых пластов. Установлена экспериментальная зависимость допустимой влажности угля от углов падения пласта и наклона механизированного забоя; дифференцированные нормы расхода воды на проведение обеспыливающих мероприятий. Даны рекомендации по проведению обеспыливающих мероприятий в Центральном районе Донбасса.