

УДК 622.538:622.822.7

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ШАХТНЫМИ ВОДАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Борисенко Д. И., Шмакова Т. А.

*(Московский государственный университет технологий и
управления им. К. Г. Разумовского, г. Москва, Россия)*

*В статті викладається ідея застосування термічних труб
для охолодження шахтних вод.*

*This paper describes idea of using the heat pipes for cooling
zones with high temperatures in the mine massive.*

Шахтные воды с растворёнными в них веществами наносят вред как горному производству: устойчивости выработок и прочности инженерных конструкций, так и окружающей среде. Опасен не сам факт покидания шахтными водами пределов горного отвода промышленных предприятий, а их попадание в горизонты, откуда осуществляется водозабор для нужд сельского хозяйства и пищевой промышленности. В ряде случаев опасность представляют конкретные вещества, образующиеся непосредственно в воде, в общем случае вне зависимости от того, где она находится.

Шахтные воды очень различаются по составу в зависимости от месторождения, вблизи которого они находятся, окружающего растительного и животного мира. Обычно шахтные воды характеризуются механическим, химическим, бактериальным загрязнением, а на глубоких шахтах также и высокой минерализацией (иногда свыше 70 г/л) [1, стр. 418]. Различают следующие виды агрессивности вод: углекислую с содержанием агрессивной углекислоты свыше 3-4 мг/л, выщелачивающую с содержанием НСО_3^- свыше 0,4-1,5 мг·экв., общекислотную ($\text{pH} = 6$), сульфат-

ную (SO_4^{2-} св. 250 мг/л), магниальную (Mg^{2+} св. 750 мг/л), кислородную. Влияние агрессивных вод уменьшают путём управления режимами поступления поверхностных и подземных вод и стока шахтных вод, снижением времени контакта воды с минералами, температуры и скорости обновления раствора. Для этого применяют: предварительное водопонижение с поверхности через скважины, оборудованные погружными насосами; подземный дренаж подготовительными выработками и опережающими скважинами; снижение притока воды в выработанное пространство и потерь полезного ископаемого с повышенным содержанием серы; рациональную систему сбора и очистки кислых шахтных вод. Кислые шахтные воды перед водоотливом и сбросом в поверхностные водотоки и водоёмы очищают от взвешенных веществ в отстойниках, нейтрализуют известью, известковым молоком, каустической содой. [2, стр. 45]

Поскольку на скорость химических реакций влияет ряд факторов (температура, концентрация реагентов, наличие катализатора, давление газовой фазы, ИК- и УФ-излучения, радиация, площадь взаимодействия компонентов, природа реагирующих веществ, характер связи в молекулах реагентов), то, управляя этими факторами, можно воздействовать на кинетику самих реакций.

Одним из факторов влияния на скорость химических реакций является температура, при которой эти реакции протекают. Воздействуя на температуру (понижая для экзотермических процессов или повышая её – для эндотермических) можем управлять скоростью интересующих нас химических превращений.

В некоторых ситуациях желательно ускорять химические превращения, например, для получения нетоксичных продуктов реакции или для твёрдого осадка, который можно отфильтровать. Следует заметить, что чаще всего различные химические реакции протекают одновременно, среди них есть как цепные – продукты которых являются исходными веществами для следующих, так и несвязанные с первыми, в том числе, способные протекать в обратном направлении, в результате которых распадаются вещества, получающиеся в процессе других превращений.

Часто шахтные воды обладают повышенной кислотностью или щелочностью [2, стр. 45], а активность таких сред увеличивается с повышением температуры. Поэтому понижение температуры шахтных вод уменьшит их вредное воздействие как на горное производство (ослабление устойчивости бортов горных выработок, разъедание и ухудшение прочностных свойств инженерных конструкций, нежелательные химические превращения полезных ископаемых, в т. ч. добываемых), так и на экологическую обстановку. Заметим, что шахтные воды приобретают кислотные или щелочные свойства в процессе взаимодействия с соответствующей окружающей средой. Соответственно, чем меньше время и чем при меньшей температуре будет длиться такое взаимодействие, тем шахтные воды будут менее активными. Например, при комнатной температуре применимо правило Вант-Гоффа – при повышении температуры на каждые 10°C скорость большинства реакций увеличивается в 2-4 раза.

Что касается условий отвода тепла из зоны с повышенной температурой, то для минимизации возможного ущерба следует обеспечить максимальный тепловой поток при минимальных трудозатратах и желательно без подвода электроэнергии. В идеале провести все необходимые мероприятия дистанционно – без отправки людей в опасную зону.

Для отвода больших тепловых потоков нужны большие коэффициенты теплоотдачи. Наивысшими значениями обладают коэффициенты теплоотдачи при кипении жидкости и конденсации пара, поэтому разумно организовать охлаждение высокотемпературной зоны посредством жидкого рабочего тела – теплоносителя, который испарялся бы в охлаждаемой зоне. Причём, поскольку для каждой конкретной ситуации диапазоны температур могут быть индивидуальными, то и теплоноситель следует подбирать, исходя из условий рассматриваемой ситуации. Для экономии рабочего тела рационально использовать конечный объём теплоносителя, прогоняемого через охлаждаемую зону многократно. А по соображениям экологической безопасности нужно предотвратить попадание теплоносителя, прошедшего через охлаждаемую зону (в общем случае содержащую продукты горения и прочие вредные вещества), в грунтовые воды. Указанным

соображениям отвечает организация замкнутого контура, по которому циркулировал бы теплоноситель. При этом такой контур должен иметь две зоны теплообмена. В первой зоне теплоноситель забирает тепло у окружающей среды, тем самым охлаждая её, т.е. собственно то, ради чего всё и делается. А во второй зоне теплоноситель отдаёт тепло окружающей среде. При соответствующих инженерных решениях можно разнести эти две зоны в пространстве на значительные расстояния (сотни метров). В данной работе для регулирования температуры шахтных вод предлагается использовать тепловые трубы, их применение широко освоено в строительной индустрии районов Российской Федерации, характеризующихся вечной мерзлотой.

Охлаждение таким способом предлагается осуществлять в несколько этапов. Вначале определяется местоположение зон горного массива с повышенной температурой. Затем бурится скважина, через которую проводятся соответствующие измерения (химический и фракционный состав окружающей среды, значения её теплофизических параметров). На основании полученных данных принимается решение о типе используемых тепловых труб и рассчитывается их количество. Затем производится установка таких труб. И осуществляется собственно охлаждение. Заметим, что тепло, отводимое от конца тепловой трубы, на котором реализуется конденсация теплоносителя, можно использовать в бытовых и местных нуждах. Также верхний конец тепловой трубы можно охлаждать в природных или искусственных водоёмах без риска экологического загрязнения, поскольку теплоноситель внутри трубы изолирован от окружающей среды.

Если в силу тех или иных обстоятельств желательно повысить температуру шахтных вод в некоторой зоне горного массива, и это оправдано (либо экономически, либо по соображениям безопасности), то можно также с помощью тепловых труб перекачивать в рассматриваемую зону тепло из специального резервуара, организованного в более тёплой зоне горного массива. Как один из возможных вариантов, такой резервуар может находиться на некоторой глубине под рассматриваемой зоной и нагреваться за счёт теплоты земных недр. Технологические решения, поз-

воляющие ограничить притоки воды в горные выработки, известны уже более 20 лет [3].

Таким образом, использование тепловых труб позволит регулировать температуру шахтных вод для управления химическими превращениями, в частности, позволит снизить нежелательное воздействие химически активных веществ на параметры горных предприятий и окружающей среды. Количественные оценки тепловых эффектов с применением тепловых труб и без них, а также затрат на реализацию способа для некоторых условий составляют предмет наших дальнейших изысканий, результаты которых планируется опубликовать в ближайшем выпуске журнала «Наукові праці УкрНДМІ НАН України».

СПИСОК ССЫЛОК

1. Горная энциклопедия. / Гл.ред. Е.А. Козловский. Ред. кол.: М.И. Агошков, К.К. Арбиев и др. – М.: Советская энциклопедия. Т. 5. 1991. – 541 с.
2. Горная энциклопедия./ Гл. ред. Е.А. Козловский. Ред. кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др. – М.: Советская энциклопедия. Т. 1. 1984. – 560 с.
3. Хохлов И.И. / Новая технология управления массивом горных пород при выемке угля в обводнённых зонах// Угольная промышленность Сибири (Материалы Всесоюзной конференции «Развитие производительных сил Сибири и задачи ускорения научно-технического прогресса»). – Кемерово, 1985. – С. 193 – 195.