

УДК 624. 131.29-504.3.

Самедов А.М., д.т.н., проф., Тарасюк О.С., асс., Колесникова Я.О., студ., НТУУ “КПИ”, г.Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАГЕНТАМИ НА РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Разрушение горных пород наиболее характерно для карбонатных и сульфатных соединений. Основными условиями разрушения этих пород является увлажнение водой. Присутствие в воде определенного количества быстрорастворимых солей (например, $NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, $CaSO_4$ и т.д.), а также серной, азотной и соляной кислоты и щелочей (HCl , $NaOH$, SO_3 , CO_2 , PO_3 и т.д.) увеличивают растворимость горных пород. Например, присутствие в водном растворе Na^+ и Cl^- – может увеличить растворимость гипса в 4-5 раз.

Присутствие в растворе $NaCl$, $NaCO_3$, $MgCl_2$, HCl и $CaCl_2$ твердость в песчаниках, сланцах и известняках резко понижает. Водный раствор 10%-ной соляной кислоты (HCl) растворяет карбонаты кальция ($CaCO_3$), т.е. при 10%-ном растворе HCl известняк ($CaCO_3$) вскипает. Кварциты и кварцевые песчаники в присутствии **нафтолового масла** растворяются и выщелачиваются.

Главными факторами растворения горных пород при увлажнении является температура растворителя, т.е. температура нагретой воды от тепловых сооружений и движения горячей воды с выносом растворимых солей из состава горных пород. С увеличением температуры водных растворов растворимость горных пород резко увеличивается.

Согласно диффузионно-кинетической теории, процесс растворения описывается уравнением:

$$\frac{dq}{dt} = K \cdot A_1 \cdot (W_H - C)$$

где q – количество вещества, перешедшего в водный раствор за время ; K – коэффициент скорости растворения; A_1 – поверхность растворения горной породы; W_H – предельное насыщение породы горячей водой; C – концентрация раствора.

Коэффициент скорости растворения можно определить по формуле:

$$K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}$$

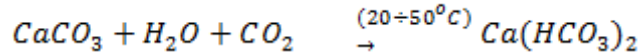
где α и β – коэффициенты межфазового и диффузионного процесса растворения.

В зависимости от соотношений коэффициентов α и β возможны три варианта процесса растворения: при $\alpha > \beta$ протекает **диффузионный**, при $\alpha < \beta$ - **кинетический**, а при $\alpha < \beta$ - **смешанный** (диффузионно-кинетический процесс растворения горных пород).

К диффузионным процессам растворения уязвимы: природный двуводный гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), галит, хлористый натрий ($NaCl$), хлористый кальций ($CaCl_2$); к **кинетичес-**

ким процессам растворения – ангидрид ($CaSO_4$); к смешанным – известняк ($CaCO_3$), доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) и прочие.

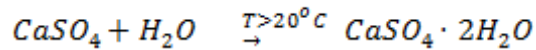
Растворению карбонатных пород в природных водах всегда содержащих окис углерода (CO_2), предшествует химическая реакция:



де $Ca(HCO_3)_2$ – бикарбонат кальция.

Продукт растворения бикарбоната кальция легко растворимые в воде, особенно при высокой температуре воды ($> 50^\circ C$).

Перед растворением ангидрида происходит его гидратация, т.е. переход к природному двухводному гипсу в течение 60÷70 суток. Это относится к кинетическим межфазовым типам растворения по формуле:



а затем протекает растворение двухводного гипса.

Этот процесс сопровождается набуханием, затем отслоением. Скорость растворения гипса в 2÷4 раза больше чем скорость растворения ангидрида.

Диффузионный процесс растворения отличается высокой скоростью растворения при движении воды с смыванием растворенных веществ.

Кинетические и смешанные виды растворения являются функциями многих факторов, таких как температура растворителя (воды) $T^\circ C$, скорость движения воды V , м/с, коэффициент диффузии D , м²/с, вязкость воды $\nu = 10^{-6}$ м²/с, давление трещиноватых пород. В свою очередь D и ν зависят от температуры растворителя (воды). Трещиноватость карбонатных пород благоприятствует ускорению скорости фильтрации горячей воды, тем и ускоряет растворение пород.

В сульфатных породах растворимость непосредственно зависит от содержания ионов в подземных водных легкорастворимых солей. Например, водный раствор имеющий в составе растворимых ионов из хлора Cl^- , SO_4^{2-} и др. в 4÷8 раз ускоряет сроки растворения сульфатных пород, чем пресная вода. Эти же ионы оказывает существенное влияние эрозионному процессу карбонатных пород.

Нерастворимые включения в гипсах и карбонатных породах, а также обрушения кровли труднорастворимых горных пород, могут на длительное время прервать растворение сульфатных и карбонатных горных пород.

Соляные горные породы обычно бывают нетрещиноватыми или слаботрещиноватыми. Поэтому эти породы растворяются с поверхности при контакте с водой, особенно с горячей водой. Растворенные части фильтруются, смываются и создают оседания поверхности массива из этих пород.

Оседания поверхности или карстовые провалы в основном занимают локальный участок, ограниченной трещиноватостей и интенсивностями увлажнения горячей водой, а также движением растворенных частей породы.

Интенсивность карстовых провалов и оседания поверхности массива из растворимых горных пород зависят от свойств подземных вод, от температуры, от химического состава и механического свойства горных пород.

Как отмечается в работах Толмачева В.В. и Ройтера Ф., Хоменко В.П., Зиангирова Р.С., Печеркина И. А., Зверева В.П., Лехова А.В. [1÷5] и др. определение скоростей растворения карстующихся пород является сложнейшей проблемой, так как в основном растворение начинается на большой глубине массива и исходные параметры процесса растворения не известны. До сих пор не изученными остается влияние температуры воды позволяющий приблизительно оценить скорость растворения карстующихся пород.

Значение коэффициента скорости растворения можно определить экспериментальным путем и использованием теории подобия в лабораторных и полевых условиях. Нами проведены эксперименты по прогнозированию растворимости сульфатной породы (ангидрита) в лабораторных условиях, путем ускорения растворения с помощью сильного кислотного катализатора H_2SO_4 без подогрева при обычной температуре водного раствора ($20^\circ C$) и с подогревом до температуры $60^\circ C$ водного раствора в различных концентрациях H_2SO_4 . Такие же эксперименты были проведены в присутствии кислотной концентрации $NaCl$. Результаты изменений растворимости ангидрита в зависимости от концентрации H_2SO_4 и $NaCl$ при различных температурах ($20^\circ C$ и $60^\circ C$) показаны на рис.1. Из рис.1 видно, что увеличение температуры воды до $60^\circ C$, примерно в 2,8-4 раза увеличивает растворимость сульфатных горных пород по сравнению с водой температурой $20^\circ C$.

В условиях растворение горных пород движением горячей воды, нагретой от тепловых сооружений, приводит к развитию карстовых явлений, как показано на рис.2.

Методами электроразведки можно изучать растворение горных пород на определенной глубине массива, при котором является карстовым типом засыпанного вида, т.е. закрытого карста. Этот метод основан на последовательном замере потенциалов точек электрического поля, расположенных по прямым линиям относительно одной центральной точки (рис.2, б), выявленные таким образом аномалии потенциала обычно указывают на наличие источника растворенных пород в локальной участке.

Карстовые явления сопровождаются карстовыми провалами, мульдой оседаний поверхности земли, закрытыми карстами засыпанными грунтами и глубокими пещерами. При образовании крупной мульды оседания вертикальные деформации земной поверхности сопровождаются наклонами и кривизной поверхности.

Механизм развития карстовых явлений, особенно от влияний движения горячей воды до сих пор не достаточно изучены и какие-либо решения задачи по ликвидации источников влияний, а также прекращения развития карстовых провалов отсутствуют. Необходимы специальные исследования для выявления конкретных причин и скоростей растворения горных карстообразующих пород при движении подземных вод нагретых от просачивающихся высоких температур с химическими реагентами в процессе эксплуатации тепловых сооружений.

1. Установлено, что горячая вода с химическими реагентами нагреваемая от просачивающейся температуры от тепловых сооружений имеет движение в массиве из горных пород, на своем пути растворяют быстрорастворимые соли и превращаются в водные растворы с химическими реагентами и сильно влияют на растворение горных пород. При этом главными факторами растворения горных пород являются температура растворителя (воды), химические реагенты и скорость движения водного раствора.

2. Скорость растворения горных пород можно определить в лабораторных и полевых условиях, путем проведения экспериментальных исследований. При определении скоростей растворения горных пород можно использовать критерии подобия Маргулиса, Рейнольдса, Фурье, Пекле. В ходе химико-кинетического моделирования учитывается движение растворителя с химическими растворами в щели горной породы, вязкости растворителя, коэффициента диффузии растворимого вещества находящегося в составе горных пород.

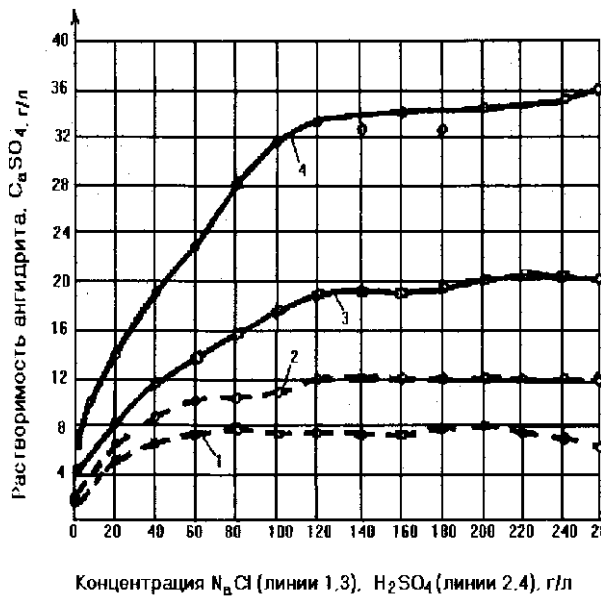
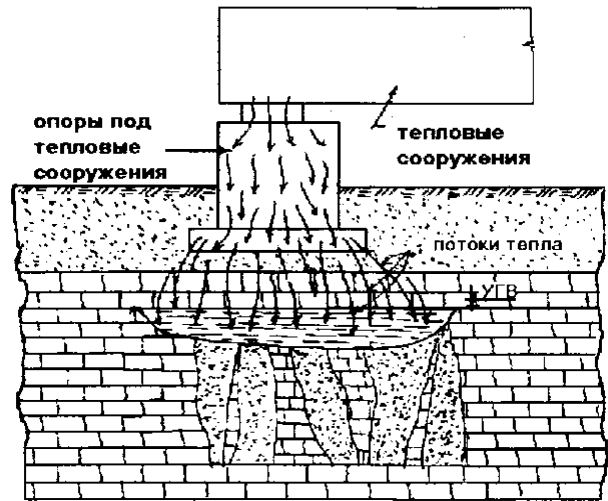
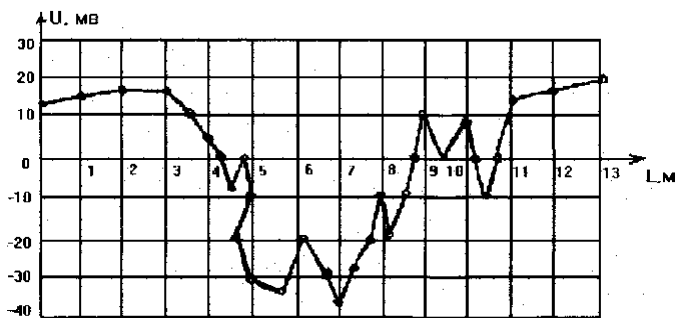


Рисунок 1 – Зависимость растворимости $CaSO_4$ от концентрации $NaCl$ (1 и 3); H_2SO_4 (2 и 4) при температуре $20^\circ C$ (линии 1 и 2) и температуре $60^\circ C$ (3 и 4).



а



б

Рисунок 2 – Растворение горных пород от движений горячей воды; а – общий вид растворения карбонатных горных пород; б – изменение электрических потенциалов точек, характеризующих растворение карбонатных пород

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. М.: «Недра», 1990.-152с.
2. Хоменко В.П., Зиангиров Р.С. Экспериментальное изучение закономерностей формирования провалов в песках, перекрывающих карстовые полости.-//Инженерная геология, 1981, №2, с.72-82.
3. Печеркин И.А. Геодинамика сульфатного карста. Изд-во Иркутского Университета, 1986.-86с.
4. Зверев В.П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. М.: «Недра», 1982-96с.
5. Лехов А.В. Моделирование карстового процесса.- //Инженерная геология, 1981, №:1, 4.с.89-96..