

Жалгасулы Н.

**ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
РУДНИКОВ ЖЕЗКАЗГАНА**

N. Zhalgasuly

**THE CONVERSION OF A HYDROGRAPHIC NETWORK OF UNDERGROUND
WATER MINES OF ZHEZKAZGAN**

УДК: 622.838

В статье приведены результаты исследований сорбционных свойств породообразующих минералов Жезказганского месторождения. Установлено, что силикаты и алюмосиликаты обладают сорбционной способностью, как к тяжелым металлам, так и щелочноземельным, присутствующим в шахтной воде и снижают их концентрацию до уровня ПДК.

Ключевые слова: подземная разработка, шахтная вода, очистка

The results of studies of the sorption properties of rock-forming minerals Zhezkazgansky field. Found that the silicates and aluminosilicates have sorptive capacity, as for heavy metals and alkaline earth present in mine water and reduce their concentration to a level PAC.

Key words: underground mining, mine water cleanup

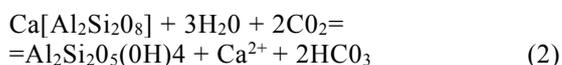
Вследствие взаимодействия неравновесной системы элементов (компонентов): «вода- порода- газ -органическое вещество» подвержен вариациям и видоизменениям во времени и пространстве. Кроме того, при наложении процессов техногенеза на естественный ход формирования подземных вод, специфика взаимодействия усложняется многократно.

Развитие горнодобывающих работ приводит к заметным преобразованиям гидрографической сети. В результате обнажения рудных тел под воздействием кислорода воздуха и газов (SO₂, NO₂, CO₂), атмосферных осадков повышенной кислотности и бактерий интенсивно развиваются окислительные процессы. Образовавшиеся вследствие окисления легко растворимые соединения с ливневыми и паводковыми водами попадают в подземные источники. Питание подземных вод происходит за счет вертикальной инфильтрации атмосферных осадков и бокового просачивания трещинных вод из базальтов, метаморфических пород, известняков, песчаников, глинистых сланцев и других пород. В процессе движения эти воды контактируют с различными породами. Известно [1], что система «вода - порода» носит равновесно -неравновесный характер; вода, равновесная с глинами и кальцитом, в то же время неравновесна с первичными алюмосиликатами. Вода независимо от глубины залегания, рН, температуры, геохимической среды, состава вмещающих пород растворяет одни минералы и формирует другие, которые выпадают из раствора. К последним относятся в подавляющем большинстве глинистые минералы и кальцит. Источником углерода для

подземных вод является, как биогенная углекислота, так и углекислота, образующаяся при растворении карбонатных пород:



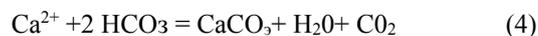
Неравновесное состояние воды с первичными алюмосиликатами приводит к их медленному растворению с переводом кальция и других элементов в раствор по реакции гидролиза. Например,



При этом ион HCO₃ формируется за счет CO₂ биогенного генезиса и OH по реакции



Вдоль потока движения воды содержание Ca²⁺ и HCO₃ в водах растут и на некоторой глубине достигается равновесие воды с кальцитом, который и начинает осаждаться по реакции с выделением CO₂ и H₂O.



Из реакции (4) следует, что при осаждении кальцита выделяется половина того же углекислого газа, который принимал участие в реакции гидролиза алюмосиликатов (2), т.е. биогенного генезиса, и который, пройдя стадию связывания в ион HCO₃, снова оказался в форме газовой фазы.

Образовавшийся CO₂ по реакции (4) может остаться в растворенном виде в подземной воде, может тут же участвовать в реакциях гидролиза алюмосиликатов и т.д. Но если его количество превышает его растворимость, то он выделяется в свободную газовую фазу.

Газообразный CO₂ стремится в область более низких давлений, т.е. к поверхности земли, образуя на поверхности выходы свободного и растворенного газа. Для определения степени изменения насыщенности подземных вод относительно кальцита с изменением их солёности и щёлочности пользуются индексом неравновесности:

$$A = \lg \frac{K}{Q}$$

K – константа реакции;

Q – кватант реакции .

По мере насыщения вод относительно какого-либо соединения индекс неравновесности уменьшается, стремясь к нулю, при пересыщении вод его значения становятся отрицательными; нулевое значение характеризует равновесное состояние.

В случае кальцита, равновесие воды с ним контролируется реакцией (1) константа которой при 25°C равна $10^{-5,8}$, тогда как среднее значение квотанта этой реакции в разных ландшафтных зонах изменяется от $10^{-5,1}$ до $10^{-10,1}$, а индекс неравновесности соответственно от -0,5 до +4,5. Степень равновесия воды с алюмосиликатами является многокомпонентной. Инконгруэнтное растворение алюмосиликатов происходит главным образом за счет явления гидролиза. Гидролиз алюмосиликатов протекает с полным переводом в раствор химических элементов с последующим их осаждением в виде новых вторичных минеральных фаз, растворимость которых ниже исходных. Это определяет постоянную ненасыщенность воды относительно исходных минералов, которые поэтому могут растворяться в течение всего времени их взаимодействия с подземными водами. Растворение первичных алюмосиликатов, сопровождается осаждением глинистых минералов. При взаимодействии подземных вод с магниевыми минералами происходит образование Mg - монтмориллонита и Mg-хлорита. Решающее влияние на гидролиз силикатов оказывает присутствие в подземных водах соединений кремния.

Анализ результатов мониторинга состояния подземных вод показал, что состав вновь образовавшихся продуктов реакций взаимодействия воды и вмещающих пород является более устойчивым к агрессивному воздействию подземных вод. Образовавшиеся вторичные минералы, как например, глины, имеют такую структуру, строение и состав, которые препятствуют разрушающему воздействию той среды, в которой они возникли.

Отдельного внимания заслуживают в процессе формирования состава подземных вод поровые растворы.

При контакте гравитационных вод с породами они заполняют поровые пространства, являющиеся средой для обитания микроорганизмов, и которые способствуют более интенсивному растворению компонентов породы. Компоненты, образующие растворимые в воде соединения, такие как железо, медь, цинк, марганец, хром, ванадий, титан вымываются, переходят в гравитационные воды и мигрируют на большие расстояния.

Породообразующие минералы Жезказганского месторождения представлены серыми и красноцветными песчаниками, алевролитами, аргиллитами, известняками и глинистыми породами [4]. В состав этих минералов входят силикаты и алюмосиликаты различного строения, обладающие многообразием свойств, в том числе водопоглощающими и

сорбционными. Водовмещающие свойства пород определяются интенсивностью и глубиной распространения трещиноватости. А от трещиноватости зависит коэффициент фильтрации и, следовательно, приток воды в подземную гидросеть. Коэффициент фильтрации, в свою очередь, зависит от глубины: так средневзвешенный коэффициент фильтрации для интервала 0-200 м составляет 0,05 м/сут. Этот интервал характеризуется наибольшей трещиноватостью пород продуктивных свит, так как представлен выветренными породами. Это создает благоприятные условия питания водоносных толщ за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Зона затрудненного водообмена охватывает интервал 0-400 м и характеризуется коэффициентом фильтрации 0,03 м/сут.

Для интервала 0-600 м, представленного в основном пермскими отложениями, обладающими низкими фильтрационными свойствами, коэффициент фильтрации составляет 0,015 м/сут. При этом ухудшаются условия питания ниже лежащих толщ продуктивных свит атмосферными осадками.

Таким образом прослеживается четкая зависимость: строение пород - коэффициент фильтрации. А это, в свою очередь, ведет к изменению состава подземных вод.

В процессе инфильтрации вод с поверхности они, просачиваясь через слои различных пород, насыщаются примесями - легкорастворимыми сульфатами, хлоридами, карбонатами щелочных и щелочноземельных металлов, микропримесями тяжелых металлов - медь, марганец, цинк, свинец и пр. Известно [4], что с глубиной концентрация примесей, и в частности, общая минерализация увеличивается (таблица 1).

Анализ приведенных результатов химического анализа проб отобранных на глубине 107,0 м и 401,8 по общей минерализации и отдельным ионам (Mg, Cl) показывает увеличение примесей в шахтной воде почти в 10 раз (1960,4 мг/л и 18554,0 мг/л). Легкорастворимые хлориды щелочных и щелочноземельных металлов вносят значительную долю в повышение общей минерализации, что закономерно, так как среди отложений кенгирской свиты [4] встречаются пласты каменной соли.

Таблица 1

Динамика концентрации примесей с глубиной

Глубина отбора проб	Общая минерализация, мг/л	Содержание примесей в мг/л			
		Ca	Mg	SO ₄	Cl
107,6	1698,3	112,2	30,6	706,1	415,4
168,6	1960,4	128,3	61,6	671,6	319,2
257,1	6894,5	384,8	н/о	1457,4	3033,6
262,0	8745,5	561,1	137,2	2171,8	2544,0
320,0	10121,0	326,7	127,1	1823,8	4515,8
395,5	12624,0	452,9	124,9	2069,0	5812,8
401,8	18554,0	346,7	181,2	1959,6	10430,0

Некоторое снижение концентрации ионов кальция и SO_4 на глубине 401,8 м вероятно происходит вследствие насыщения воды этими ионами и выпадения осадка в виде гипса. Высокоминерализованная вода просачиваясь через продуктивные толщи, содержащие медь, свинец, цинк взаимодействуют с минералами и вымывают ионы этих металлов.

Среднегодовое содержание меди в шахтных водах достигает $0,086 \text{ г/м}^3$, а суммарные - до $500-600 \text{ г/м}^3$ в год.

Из приведенных данных следует, что состав шахтных вод зависит не только от компонентов гидросистемы: «вода - порода - газ - органическое вещество», но и трещинообразования и фильтрации. Эта зависимость представлена на рисунке.

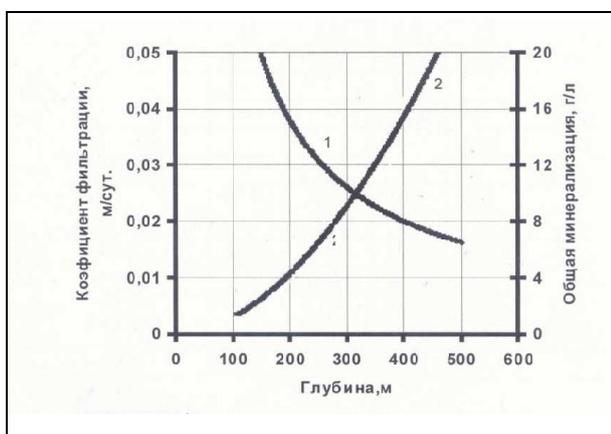


Рисунок 1. Зависимость коэффициента фильтрации и общей минерализации шахтных вод от глубины разработки

Как видно из хода кривых с глубиной коэффициент фильтрации снижается, а концентрация примесей (общая минерализация) повышается. Повышение минерализации воды приводит к насыщению ее теми или ионами, сдвигу равновесия в системе и образованию вторичных минералов, более стойких, как это указывалось выше, к агрессивному воздействию вод. В то же время повышенное содержание хлорид и карбонат ионов будет способствовать более интенсивному растворению рудообразующих минералов и повышению содержания ионов тяжелых металлов в шахтных водах. То есть процесс формирования состава шахтных вод многообразен и бесконечен и с глубиной концентрация примесей повышается

Вода с таким уровнем минерализации значительно превышает нормы требований, предъявляемые к содержанию ряда веществ контролирующими органами, приведенными в таблице 2.

Как следует из приведенных данных шахтная вода совершенно не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды. Состав ее губителен для живой природы она не должна

сбрасываться на рельеф или в поверхностные водотоки. Кроме того, такая высокоминерализованная вода, не может использоваться даже для технических нужд:

- по содержанию сульфат иона она обладает сульфатной агрессивностью к несulfатостойкому цементу;
- воды обладают корродирующими свойствами по отношению к металлам, в том числе к алюминию;
- не может быть использована для мокрого бурения и пылеподавления.

Таблица 2

Перечень разработанных нормативов качества питьевой воды по отдельным компонентам

Вещество	Предельная концентрация, мг/дм ³				Концентрация примесей в шахтной воде, мг/дм ³
	ВОЗ	USEPA	ЕС	Норматив СанПиН	
1	2	3	4	5	6
Алюминий (Al)	0,2	0,2	0,2	0,5	2
Железо (Fe)	0,3	0,3	0,2	0,3	н/о
Кадмий (Cd)	0,003	0,005	0,005	0,001	н/о
Калий (K)	-	-	12,0	-	535,2
Кальций (Ca)	-	-	100,0	N	330,4
Кремний (Si)	-	-	-	10,0	18,3
Магний (Mg)	-	-	50,0	-	110,4
Марганец (Mn)	0,5-0,1	0,05	0,05	0,1	2,5
Медь (Cu)	2,0-1,0	1,0-1,3	2,0	1,0	8,6
Натрий (Na)	200,0	-	200,0	200,0	483,0
Свинец (Pb)	0,01	0,015	0,01	0,03	1,5
Сульфаты (SO_4^{2-})	250,0	250,0	250,0	500,0	1551,3
Хлориды (Cl)	250,0	250,0	250,0	350,0	3867,2
Цинк (Zn)	3,0	5,0	5,0	-	2,5

*ВОЗ – нормативы Всемирной организации здравоохранения; USEPA – параметры установленные основным стандартам США;

ЕС – параметры, установленные Европейским сообществом; СанПиН – санитарные правила и нормы РФ 2.1.4.559-96.

Вода является собственностью государства и ее стратегическим ресурсом.

Статья 112 «Охрана водных объектов» Водного кодекса Республики Казахстан [5], гласит, что «... водные объекты подлежат охране с целью предотвращения: 1) нарушения экологической устойчивости природных систем; 2) снижения способности водных объектов к естественному воспроизводству и очищению; 3) охраны водных объектов осуществляется путем совершенствования и применения водоохраных мероприятий с внедрением новой

техники и экологически, эпидемиологически безопасных технологий».

В настоящее время одним из радикальных направлений по снижению загрязнения окружающей среды и сокращению количества потребляемой воды в промышленности является создание замкнутых и повторно-оборотных систем водоснабжения. С целью снижения уровня минерализации и использования шахтной воды в оборотно-повторной системе рудника, например, для мокрого бурения и пылеподавления, авторами разработана концепция экологически безопасной технологии очистки шахтных вод с использованием природных сорбентов.

В Институте горного дела им. Д.А. Кунаева и Жезказганским университетом им. О.А. Байконурова проведены исследования по использованию природных сорбентов, а именно породообразующих минералов Жезказганского месторождения, представленных алюмосиликатами различного строения, в том числе и слюдами (мусковит, биотит), глинами или же окисленным бурым углем для очистки воды.

Экспериментальные исследования, проведенные на испытанных сорбентах показали, что содержание примесей в шахтной воде, а именно сульфатов, хлоридов и тяжелых металлов снижается до пределов, предусмотренных санитарно-гигиеническими нормами. Так, например, содержание

сульфатов снижается с 1959,6 мг/л, а хлоридов с 10430,0 до 350 мг/л.

Очищенная таким образом вода, может быть успешно использована в обороте, на обогатительной фабрике, получения закладочных смесей, гидрозолоудаления и полива зеленых насаждений.

Литература

1. Петрова О.Е., Шварцев С.П. Новый механизм образования травертинов из холодных
2. пресных подземных вод севера Алтая-Саянского горного обрамления //Гидрогеология, инженерная геология и гидроэкологияхб.мат.конф.посвящ. 75-летию каф. ГИГЭ Томского политехнич. ун-та.-Томск,2005.С.74-81.
3. Горлушко А.С. Равновесие подземных вод бассейна Дагун (Китай) с ведущими
4. минералами вмещающих горных пород //Гидрогеология, инженерная геология и гидроэкология.сб.мат. конф. посвящ. 75-летию кафедры ГИГЭ Томского политехнич. ун-та. -Томск, 2005. С. 161-169.
5. Гидрогеологические условия Джекказганского месторождения: отчет
6. Джекказганской ГРПДГРЭ НПО Жезказганцветмет. Джекказган. 1980, 120 с.
7. Сейфуллин С.Ш., Нуралин Н.Н. Геолого-структурные условия формирования месторождения Джекказган. Алма-Ата.Наука,1964, 178 с.
8. Водный кодекс РК. Алматы, 1993, 38 с.

Рецензент: д.т.н. Усманов С.Ф.