

УДК 622.775

**Ш.Ш. Аликулов, С.В. Маркелов, И.У. Халимов,  
Х.Р. Баймурзаев, Т.А. Казаков**

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ КОЛЬМАТАЦИИ  
ПОРОВО-ТРЕЩИННОГО МАССИВА  
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БЛОКОВ  
ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

*Приведены результаты исследований по выявлению роли газовой кольматации массива рудоносных пород на изменение производительности блоков подземного выщелачивания (ПВ).*

*Ключевые слова: геотехнологическая скважина, гидродинамические режим, кольматация и восстановления скважин, восстановления дебитов скважины.*

---

**И**зменение содержания катионов магния одновременно с увеличением в растворах катионов кальция объясняется абсорбцией его глинами и вытеснением магнием из ГПСМ (поглощенного комплекса) кальция. Связь магния в поглощенном комплексе глинистых минералов прочнее, чем у кальция. Кроме того, при кислотном выщелачивании кальций легко выносится в раствор, водородный ион вытесняет его из ГПСМ глинистых минералов и органического вещества. Водород и кальций являются сильными антагонистами.

В течение 180 суток от начала эксплуатации в 30 блоках ПВ в равные временные отрезки проводился замер производительности по растворам. Визуальными наблюдениями установлено, что газовая фаза из дренажных скважин выделяется периодически. В отдельные временные отрезки из нескольких скважин дренажных вееров происходило выделение диспергированных газовых пузырьков в виде пенистых продуктивных растворов. После окончания дренажа га-

зовой составляющей из скважин их производительность по растворам резко возрастала.

Таким образом, накопление и распределение газовой фазы в пористой среде происходит непрерывно до момента, когда насыщенность газовой составляющей не достигнет определенного, для конкретных геотехнологических условий, значения.

В многофазовой среде – «твердое тело с гидратным пристеночным структурированным микрослоем (ГПСМ)–жидкость – газы», происходят сложные физико-химические процессы. Непрерывно образующиеся и выделяющиеся газы накапливаются в массиве в результате химических реакций реагента с минеральной составляющей рудоносной породы, мигрируя в ГПСМ, заполняют часть порово-трещинного пространства. Занятое газом пространство сокращает объем порово-трещинной среды для выщелачивающего раствора, что приводит к значительному снижению эффективной пористости. Производительность блоков ПВ по растворам при

этом существенно сокращается. Снижение производительности блока происходит непрерывно до момента, когда в рудоносном породном массиве достигается минимальный уровень насыщенности диспергированными пузырьками газа в результате поршневого вытеснения его в дренажные устройства, при этом производительность блока быстро возрастает до исходной. Таким образом, газовая кольматация рудоносного породного массива в блоках ПВ оказывает существенное влияние на фильтрацию выщелачивающих растворов, но имеет обратимый характер. Наравне с механической и газовой кольматацией заметную роль в изменение гидродинамического режима выщелачивания рудоносных пород оказывает химическая кольматация. Исследование влияния химической кольматации выщелачиваемых рудоносных пород на изменение производительности блоков ПВ по растворам в процессе их эксплуатации, проведено на примере выщелачивания глинистых песчаников морских фаций в фильтрационном режиме в направлении, перпендикулярном напластованию. С этой целью в эксплуатационном блоке ПВ под и над нагнетательными устройствами шели по пяти профилям, нормальным нагнетательной шели, на различных расстояниях от нее были пробурены и соответственно оборудованы контрольные скважины. От начала эксплуатации блоков ПВ в продолжение трех недель проводились наблюдения за временем появления продуктивных растворов в контрольных скважинах, изменением дебита дренажа во времени. Периодически отбирались пробы продуктивных растворов на сокращенный химический анализ и содержание урана. Анализ полученных результатов свидетельствует, что химическая структура и физические

свойства продуктивных растворов на начальном этапе выщелачивания глинистых песчаников морских фаций различны.

Так, продуктивный раствор формирующийся в трещиноватых рудах с фильтрационной анизотропией, где  $K_{\phi}$  изменяется от 0,026 до 0,1 м/сут, характеризуется следующими особенностями.

В случае, когда дренируемые растворы с начала появления в контрольных скважинах оставались кислыми ( $pH < 2,0$ ) с окислительно-восстановительным потенциалом (Eh) не менее 450-500 mv, как правило, характеризуются повышенным содержанием легкоподвижных ионов  $Na^{+}$  и  $Cl^{-}$  (на 15-35 % выше концентраций их в рабочем растворе). Содержание катионов  $Al^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  также было на 15-38 % выше и удерживалось на таком уровне от одних до трех суток, в зависимости от фильтрационных свойств рудоносных пород. Несколько повышенное (на 9-13 %) содержание в продуктивных растворах иона  $SO_4^{2-}$  наблюдалось в первые трое суток. В то же время содержание свободной серной кислоты было в два раза меньше, чем в рабочем растворе. Повышенное содержание  $Ca^{2+}$  (на 30-35 %) в продуктивных растворах сохранялось в продолжение всего периода наблюдений.

Из отдельных трещин в стенке выработки в первые сутки продуктивные растворы дренировали с  $pH \geq 2,0$ . В таких растворах катионы  $Al^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , практически отсутствовали, содержание  $Ca^{2+}$  было в 4 раза ниже. Даже такие активные мигранты в любой окислительно-восстановительной среде как ионы

$Na^+$  и  $Cl^-$  также практически отсутствовали, а содержание аниона  $SO_4^{2-}$  фиксировалось в 2,2 раза ниже, чем в исходном растворе (3000 мг/л против 6700 мг/л).

Продуктивные растворы, формировавшиеся при выщелачивании трещиноватых руд глинистых песчаников морских фаций, в первые сутки характеризовались восстановительной обстановкой. Такие растворы имели величину рН от 7 до 11, а затем она резко падала до 2,5. наблюдался ярко выраженный щелочной фронт. В этот временной период выщелачивания такие катионы как  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  отсутствовали и только после создания окислительной обстановки они появлялись в продуктивных растворах. Концентрации ионов  $Na^+$  и  $Cl^-$  в этих условиях также изменялись от единиц мг/л (в первый день опробования) до сотен мг/л. Реагент в дренажных растворах в первые сутки отсутствовал, а к концу второй недели выщелачивания содержание избыточной  $H_2SO_4$  восстанавлива-

лось только на 50 %. Концентрация анионов  $SO_4^{2-}$  в это же время увеличилось в 7 раз по сравнению с уровнем в начальный период выщелачивания. Содержание кальция в продуктивных растворах оставалось повышенным в 1,5 раза по сравнению с рабочими растворами. Формирование щелочного фронта фильтрующих растворов в первые сутки выщелачивания глинистых пород морских фаций способствовало выпадению из растворов алюминия и железа в первую очередь и большей части в области ГПСМ, что приводило к кольматации поровой среды пород и снижению производительности блоков ПВ по растворам. Образующиеся при взаимодействии реагента с минеральной фазой газы ( $CO_2$  и  $H_2S$ ) также способствовали снижению проницаемости. Образование щелочного фронта при движении выщелачивающихся растворов в глинистых породах всегда связано с наличием в них до 2,0 % органических веществ и до 0,3% карбонатных соединений. **ГИАБ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

---

*Аликулов Шухрат Шарофович* – аспирант,  
*Маркелов Сергей Владимирович* – доктор технических наук, профессор,  
*Халимов Ильхом Убайдулаевич* – аспирант,  
*Баймурзаев Хуршид Рашидович* – аспирант,  
*Казаков Тимофей Александрович* – аспирант,  
Российский Государственный геологоразведочный университет, office@msgpa.edu.ru

