АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ РУДНИКА «МИР»

Голованев Артем Олегович

студент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидроэкологии, ВГУ, РФ, г. Воронеж

Подземные воды при отработке рудника «Мир» в гидрохимическом отношении претерпевали неоднократные изменения, однако с 1993г. и по настоящее время гидродинамический режим соответствует промышленным закачкам в водоносный комплекс. С 1993г. действует система обратной закачки СОЗ для рудника Мир и с 1995г. постоянно ведется мониторинг, за химическим анализом на объекте СОЗ. По результатам мониторинга за последние 23 года были проанализированы значения изменений минерализации и основных макрокомпонентов. На сегодняшний день можно сказать, что : во-первых - годовые колебания амплитуды минерализации достигают 82 г/л, а во-вторых - сезонные колебания минерализации до 35 г/л, а в-третьих, среди макрокомпонентов первые места занимает - хлорид и натрий ион.

Динамика изменения содержаний макроэлементов представлена на графиках 1, 2 и 3 [3,7].

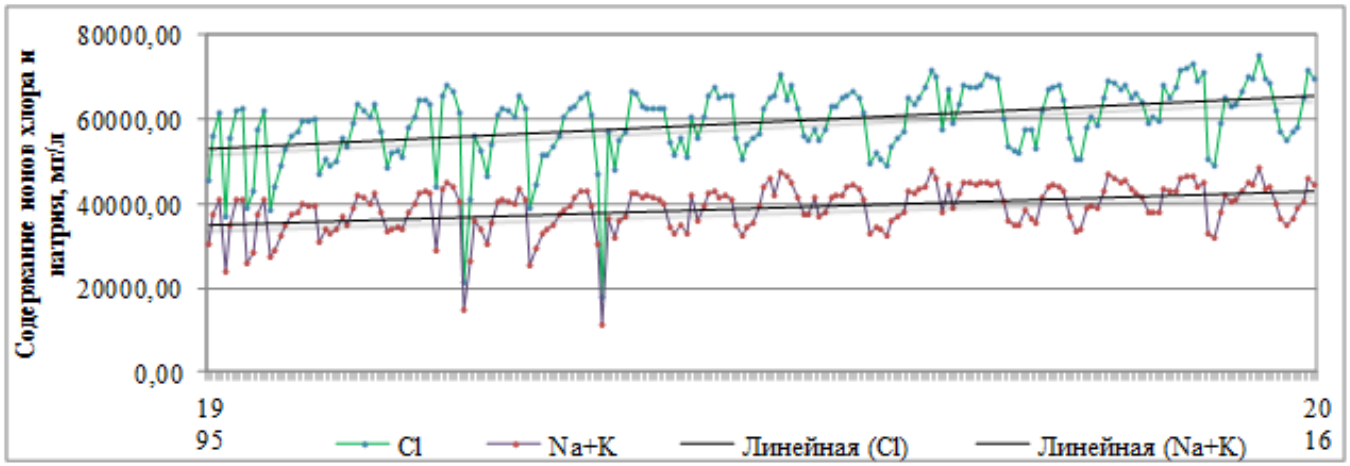

Рисунок 1. Динамика изменения содержания ионов хлора, натрия и калия в закачиваемых водах СОЗ

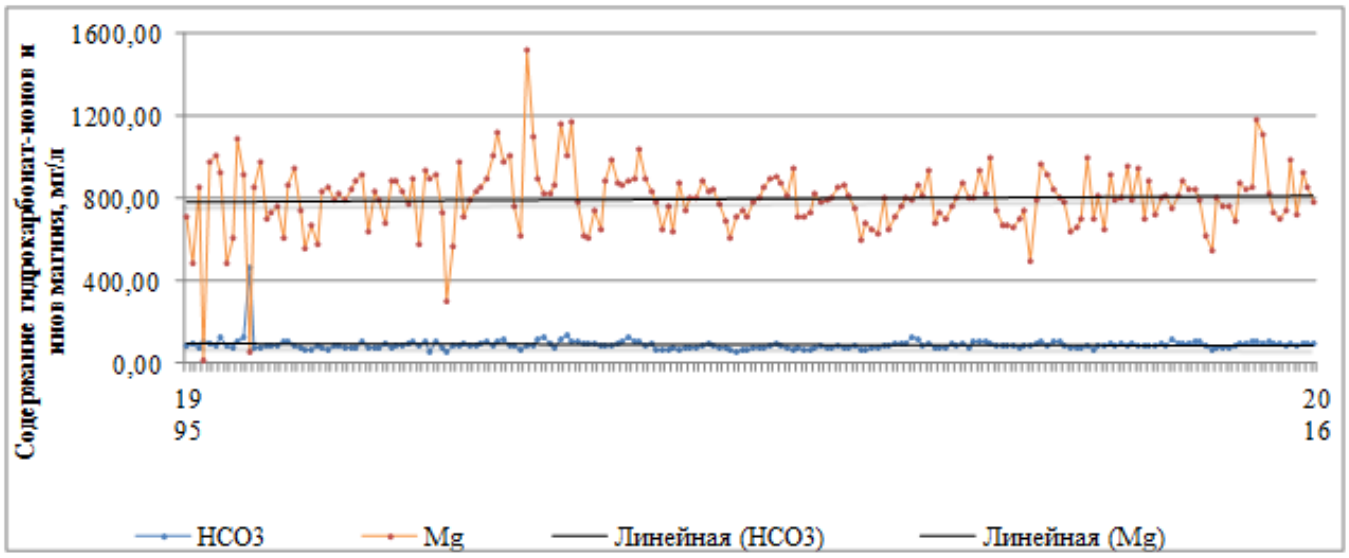

Рисунок 2. Динамика изменения содержания ионов магния и гидрокарбонат-ионов в закачиваемых водах СОЗ

Из представленных графиков можно сделать вывод, что содержание макрокомпонентов постоянно колеблется, соответственно и минерализация тоже, но при этом химический тип вод остается неизменным.

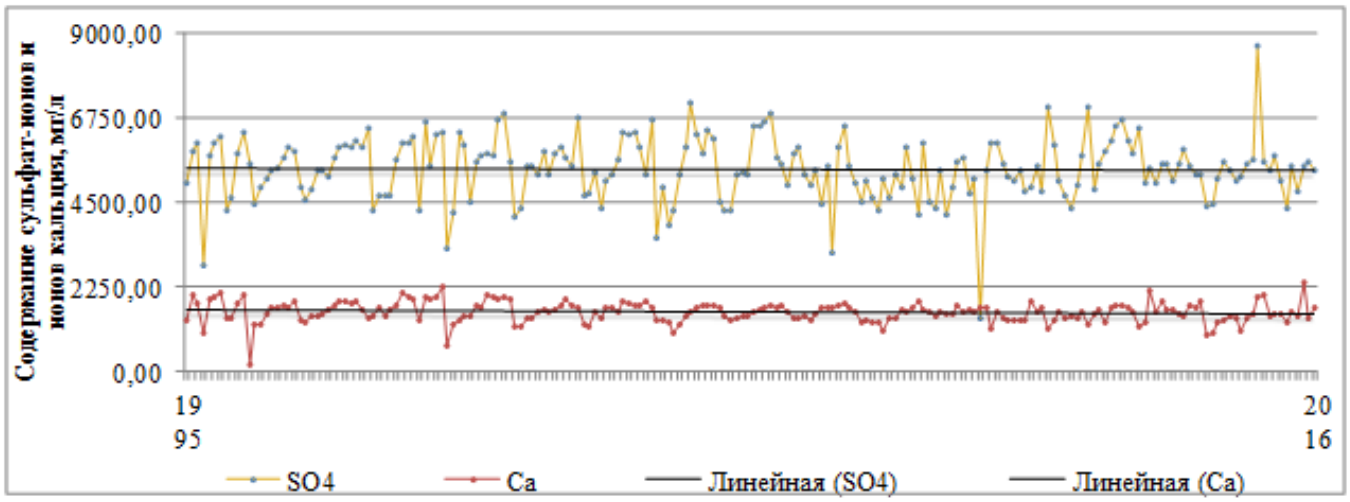

Рисунок 3. Динамика изменения содержания ионов кальция и сульфат-ионов в закачиваемых водах СОЗ

Отдельно стоит отметить период с начала 2008 г., так как с этого года начинает работать шахтный

водоотлив рудника. С этого года дренажные воды рудника «Мир» начали сбрасываться в карьер и далее, смешиваясь с водами карьера в накопитель минерализованных вод. Это означает, что в процесс изменения состава закачиваемых вод СОЗ вошла новая составляющая: более минерализованные и имеющие несколько отличный состав относительно вод метегеро-ичерского горизонта – внутриформационные воды чарской свиты. Результат привноса данных вод прослеживается при приближенном рассмотрении динамики изменения состава. Особо стоит отметить изменение и появление динамики увеличения содержания сульфат-иона [6].

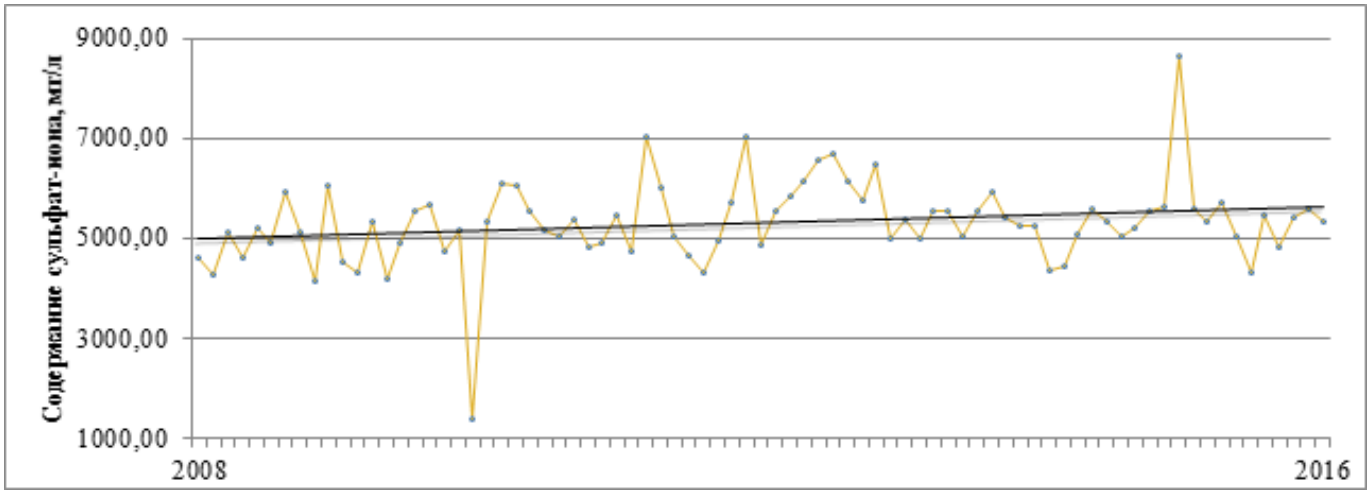

Рисунок 4. Динамика изменения содержания сульфат-ионов в закачиваемых водах СОЗ в период с 2008г

Увеличение содержания сульфат-иона в водах накопителя имеет крайне негативные последствия для эксплуатации объекта СОЗ, так как при отрицательной температуре образуются мирабилит и криогалит [2].

Мирабилит - минерал, водный сульфат натрия. Химический состав: Na2O - 19,3 %, SO3 - 24,8 %, H2O - 55,9 %. Это типичный осадочный хемогенный минерал, кристаллизующийся обычно из рассолов озёрного или морского происхождения при температуре ниже 20-25°C. Происхождение экзогенное — выпадение из естественных рассолов в соляных озерах в зимнее время года при температуре ниже 6°.

Криогалит - минерал, водный хлорид натрия. Химический состав: H2O -61-78% , NaCl - 23-39%

.Температура образования: -21,9° С. Данный минерал является эвтектической смесью гидрогалита и льда. В связи с тем, что криогалит в обыкновенных условиях не сохраняется, он изучен слабо [5].

Данная проблема актуальна на сегодняшний день, так как отложения солей выводит из строя насосы и засоряет из строя трубы объекта СОЗ, следовательно и весь накопитель прекращает работу. В свете актуальности проблемы солеотложения в оборудовании СОЗ сотрудниками АК «АЛРОСА» были проведены работы по опробованию накопителя и в последствии выполнена обработка результатов [4,6,7].

На сегодняшний день главной гипотезой образования солей в трубах и насосном оборудовании, является суждение о сбросе в накопитель рудничных вод. Приток к подземному руднику формируется за счет перетекания сквозь предохранительный целик вод из внутрикарьерного пространства и потока из более глубоких горизонтов. В свою очередь химический состав рассолов, перетекающих в подземный рудник через целик, формируется в результате смешения рассолов метегеро-ичерского горизонта с атмосферными осадками, растворение солей в блоке № 1 и последующим взаимодействием с солями и засоленными породами, складированными во внутрикальерном отвале [4].

Рисунок 5. Образование корок и налетов солей в трубах и насосах в зимнее время года

Поскольку конечной точкой пути всех дренажных вод является их сброс в накопитель, то анализ и сравнения будут проводиться именно с ним.

Таблица 1

Данные по химическому составу рассолов на сбросе в накопитель

	Среднее	Медиана	Минимум	Ма
Ca	2084,69	2100,10	1542,10	2
Mg	741,06	746,75	463,65	1
Na	58512,12	58627,10	38005,20	9
HCO3	87,87	79,45	49,07	
Cl	88543,89	87536,45	58982,00	13
SO4	3406,21	3379,00	342,50	5
Na	55294,88	53914,47	35656,66	8
M	150,16	146,51	100,76	

Для установления химического состава рудничных вод, были использованы данные мониторинга с нескольких горизонтов (-210м, -310м, -410м,). Результаты расчета основных статистик для рудничных вод с горизонтов -210 м и - 310 м приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты статистической обработки данных по химическом составу рудничных вод с горизонтов -210 м и -310 м

Ca^{+2}	**Mg^{+2}**	**Na^{+}**	**K^{+}**	**HCO_3^{-1}**	**Cl^{-1}**	**SO_4^{-2}**	
мг/л	**мг/л**	**мг/л**	**мг/л**	**мг/л**	**мг/л**	**мг/л**	
1695,4	863,2	42393,6	97,6	92,8	66514,2	5884,2	1

Химический состав рудничных вод отличается с этих горизонтов отличается большим содержанием хлоридов, гидрокарбонатов, а также кальция и натрия, при этом отмечаются более низкие концентрации сульфатов и магния, минерализация возрастает в 1,27 раза.

Отдельно были рассмотрены данные по составу рудничных вод с горизонта -410 м., отдельное рассмотрение этих вод связано с тем, что на -410м. горизонт уже поступают седиментацио нные воды чарской свиты.

Таблица 3

Результаты статистической обработки данных по химическому составу рудничных вод с горизонта -410 м

	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум
K	6591,0	6415,5	6240,0	7293,0
Ca	52420,5	50282,0	48858,0	60260,0

Mg	248,3	184,5	89,0	535,0
Na	65780,0	65860,5	62238,0	69161,0
HCO3	67,8	5,0	5,0	256,0
Cl	199734,0	198147,5	194018,0	208623,0
SO4	1404,0	1344,0	1296,0	1632,0
M	326,24	323,96	317,02	340,01

Эти рассолы имеют совершенно иной геохимический облик, по сравнению с водами сбрасываемыми в накопитель минерализация увеличивается в 2,77 раза, причем увеличиваются доли кальция, натрия и хлоридов, снижаются значения сульфатов, гидрокарбонатов, магния. В таблице 4. представлены результаты статистической обработки данных по химическому составу рассолов из системы водоотведения карьера «Мир».

Таблица 4

Результаты статистического анализа данных по химическому составу рассолов из системы водоотведения карьера «Мир».

	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум
pH	7,87	8,20	5,60	9,00
Ca	1618	1637	1088	2272
Mg	830	821	640	1354
Na	43411	42475	33566	57528
HCO3	104	106	37	157
Cl	66049	64796	49497	86179
SO4	5294	5639	600	7086
M	118	116	93	152

Карьерные воды по сравнению с водами на сбросе характеризуются более низкими величинами минерализации и более высокими концентрациями сульфат-ионов. Необходимо отметить также высокое отношение концентрации натрия к концентрации хлорид-ионов.

На основании данного исследования можно сделать следующие выводы. Во первых, состав вод накопителя и закачиваемых вод СОЗ динамичен, происходит процесс плавного увеличения минерализации и содержания макроэлементов в целом. При транспортировке вод от карьера «Мир» до скважин обратной закачки состав вод претерпевает некоторые изменения. Факторами, влияющими на изменение состава закачных вод можно назвать смешивание

растворов на подаче в накопитель, атмосферные осадки, изменение температуры в годовом разрезе.

Методы борьбы с солеотложением на оборудовании и в нагнетательных скважинах могут быть основаны на: использование процессов вымораживания для осаждения мирабилита до поступления раствора в трубопроводы и нагнетательные скважины. При предварительном осаждении солей в случае не полного установления равновесия с минеральной фазой за счет кинетических факторов перед подачей раствора в систему может требоваться дополнительная коррекция его состава для приведения в ненасыщенное состояние по отношению к возможным фазам. Недостатком метода является также необходимость утилизации осажденных солей.

Создание центров кристаллизации в объеме раствора может позволить снизить интенсивность процессов солеотложения на насосном оборудовании и в трубопроводах, но при этом повышается вероятность кольматации нагнетательных скважин, восстановление которых является более затратным и трудоемким процессом, чем очистка трубопроводов.

Подогрев растворов перед подачей в систему и (или) в процессе транспортировки также позволит избежать отложения мирабилита в скважинах и на оборудовании, но для использования этого метода требуются дополнительные затраты энергии или реагентов при разогреве раствора за счет экзотермических реакций.

Список литературы:

1. Максимов В.М. и др. Справочное руководство гидрогеолога. М.Недра. 1979 г.

2. Иванов А. А, Воронова Л. М. Галогенные формации (минеральный состав, типы и условия образования; методы поясков и разведки месторождений минеральных солей). «Недра», 1972 г. 328 с.

3. Рудник “Мир”. Система обратной закачки шахтных и дренажных вод и накопитель минерализованных вод. Проект /Якутнипроалмаз. Мирный, 2006.

4. Н.А. Иост, В.А. Вигандт, С. Л. Трещав Отчет по комплексному анализу работы системы обратной закачки дренажных вод карьера Мир за период 1990-2014 гг. Рабинович В.А., Хавин З.Я. "Краткий химический справочник" Л.: Химия, 1977 стр 85.

5. Власова Т.А. Отчё0т о результатах работ по ведению мониторинга подземных вод на площади Мало-Ботуобинского алмазоносного района и прилегающей территории за 2010-2012 гг. Мирный. Фонды МГРЭ 2013г.