

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ГЕОРИСКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Едигенов М.Б.

ТОО «Научно-производственная фирма Геоэкос», г.Костанай, Республика Казахстан,
edigenov@mail.ru

HYDROCHEMICAL GEOHAZARDS ORE DEPOSITS of NORTHERN KAZAKHSTAN

Edigenov M.b. TOO research-and-production firm "Geoèkos", Kostanay, Republic of Kazakhstan,
edigenov@mail.ru

Прогнозы изменения качественного состава подземных вод, вовлекаемых в промышленный водоотлив, являются одним из серьезных параметров, которые должны быть изучены и оценены в процессе промышленного освоения рудных месторождений. Интересной в методическом и практическом плане является оценка изменения качества дренажных вод в процессе многолетнего осушения и водоотведения в накопители центральной промплощадки АО «ССГПО» и Качарского рудников в Северном Казахстане.

Автором использован метод долевого участия водоносных горизонтов в формировании водопритоков в горные выработки, который в сочетании с площадной картинкой гидрохимической зональности позволил с высокой вероятностью произвести прогноз изменения качества дренажных вод по величине общей минерализации и катионно-анионному составу. Такая оценка заслуживает внимания с точки зрения организации системного мониторинга не только за величиной водоотбора, формированием депрессионной воронки в радиусе воздействия систем осушения карьеров, но и за качественным составом вовлекаемых в водоотлив подземных вод на этой же площади. Режимная сеть скважин, используемая в союзное время, позволяла с высокой точностью установить площадную гидрохимическую зональность основных водоносных горизонтов, формирующих водопритоки в горные выработки железорудных месторождений [1]. Сегодня уточнить такую картину проблематично ввиду отсутствия данных по химическому составу подземных вод, наблюдаемых АО «ССГПО» в скважинах режимной сети только по уровенному режиму. Это серьезный пробел в программе мониторинга, которая должна включать в себя такие наблюдения по сезонам годового цикла и позволит уточнить площадные границы вод различного химического состава основных водоносных горизонтов, участвующих в формировании водопритоков в горные выработки. На современном этапе можно констатировать относительную стабильность качественного состава формируемых дренажных комплексов Соколовско-Сарбайской и Качарской площадок. Наблюдаются некоторые несовпадения прогнозов в части формирования качества дренажных вод Качарского рудника, где наблюдаются более высокие уровни минерализации, чем прогнозировалось в середине 80-х годов прошлого столетия. На Соколовско-Сарбайской площадке также наблюдаются некоторые изменения по стволам дренажных шахт, но в пределах прогнозируемого диапазона цифр (см. рис. 1-3). Вместе с тем, общая тенденция изменения качественного состава рудничных вод основных водоотливных комплексов рудников сохраняется до настоящего времени, равно как и площадная картина гидрохимической зональности. Вся эта ситуация и методика прогнозирования качества рудничных вод должна быть воспроизведена в настоящем докладе с современными комментариями, касающимися существа вопроса. При оценке качества дренажных вод использовался длительный ряд наблюдений за химическим составом подземных вод, принимаемых основными водоотливными комплексами карьеров и шахт. Исходя из конструктивных особенностей дренажных систем, прогноз

изменения качества вод производился применительно к существующим водоотливным стволам шахт. Наблюдения за отдельными элементами дренажных систем (восстающих скважин, струйчатых выходов, зумпфов и т.д.) были направлены на изучение качества отдельных водоносных горизонтов (мелового, палеозойского и олигоценового), формирующих водопритоки в горные выработки по всей площади горных работ [1, 3].

При оценке качества дренажных вод основных водоотливных комплексов дренажных шахт на Соколовском и Сарбайском карьерах в союзное время использовались данные наблюдений за период более 20 лет. Причем сформированный к середине 80-х годов химический состав рудничных вод практически не изменился на Соколовско-Сарбайской площадке, что кроме всего прочего (водоотлив производится в установившемся режиме), свидетельствует о постоянных долях в общем водоотливе водоносных горизонтов и стабильности величины водоотлива. На Качарской площадке динамика роста минерализации до $12,2 \text{ г/дм}^3$ (против $9,0 \text{ г/дм}^3$ по прогнозу 1986 года) свидетельствует о значительной сработке, прежде всего, альб-сеноманского водоносного горизонта, формирующего основную долю водопритока в общем водоотливе Качарского рудника и преобладанием на этом фоне вод с повышенной минерализацией палеозойского водоносного комплекса.

По своим конструктивным особенностям дренажные системы карьеров Соколовско-Сарбайской площадки принимают в основном смешанные воды эоцен-мелового и палеозойского водоносных комплексов, по которым и производилась оценка качества дренажных вод. Подземные воды первого водоносного горизонта извлекаются отдельно (при помощи открытого дренажа в уступах карьера), их доля в общем водоотливе невелика. В прогнозе качества они не рассматриваются ввиду значительного влияния на его состав техногенных условий.

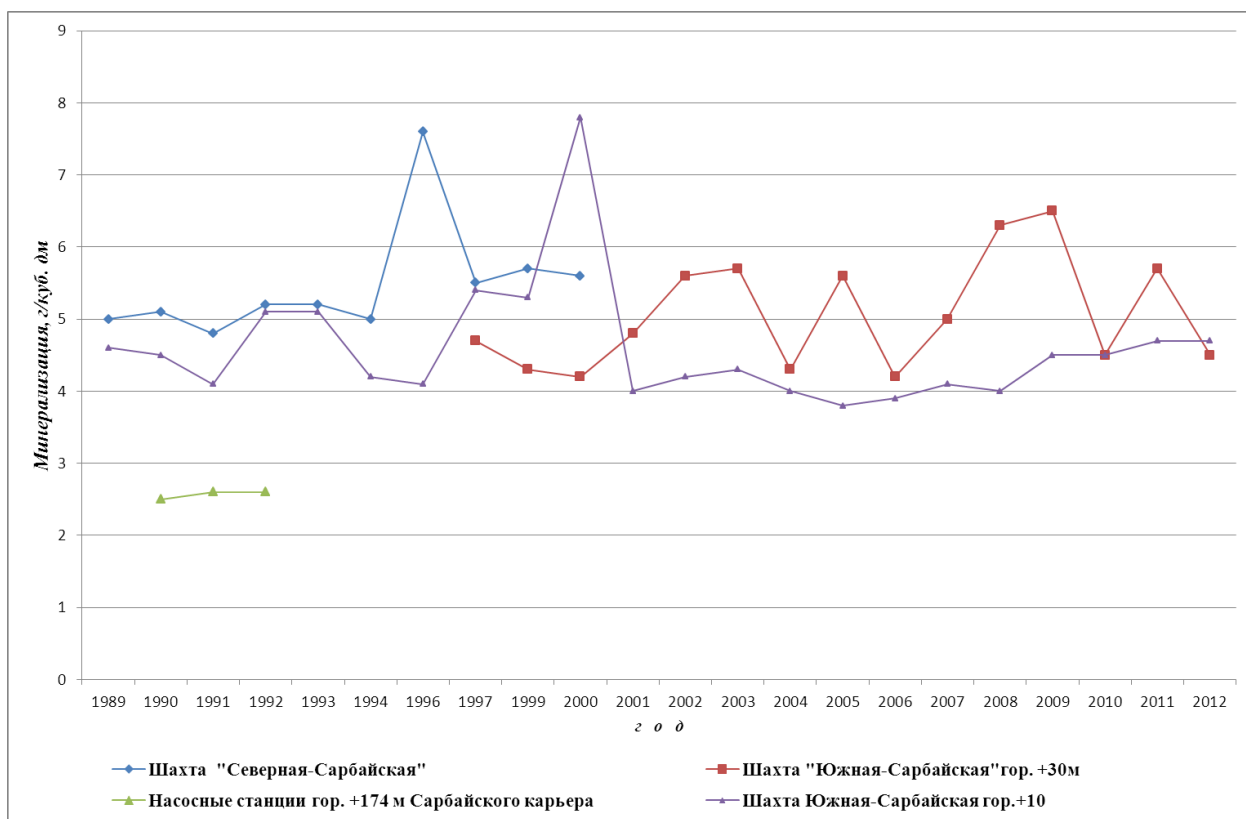


Рис. 1. Динамика изменения минерализации по водоотливным комплексам Сарбайского месторождения за 1989-2012 гг.

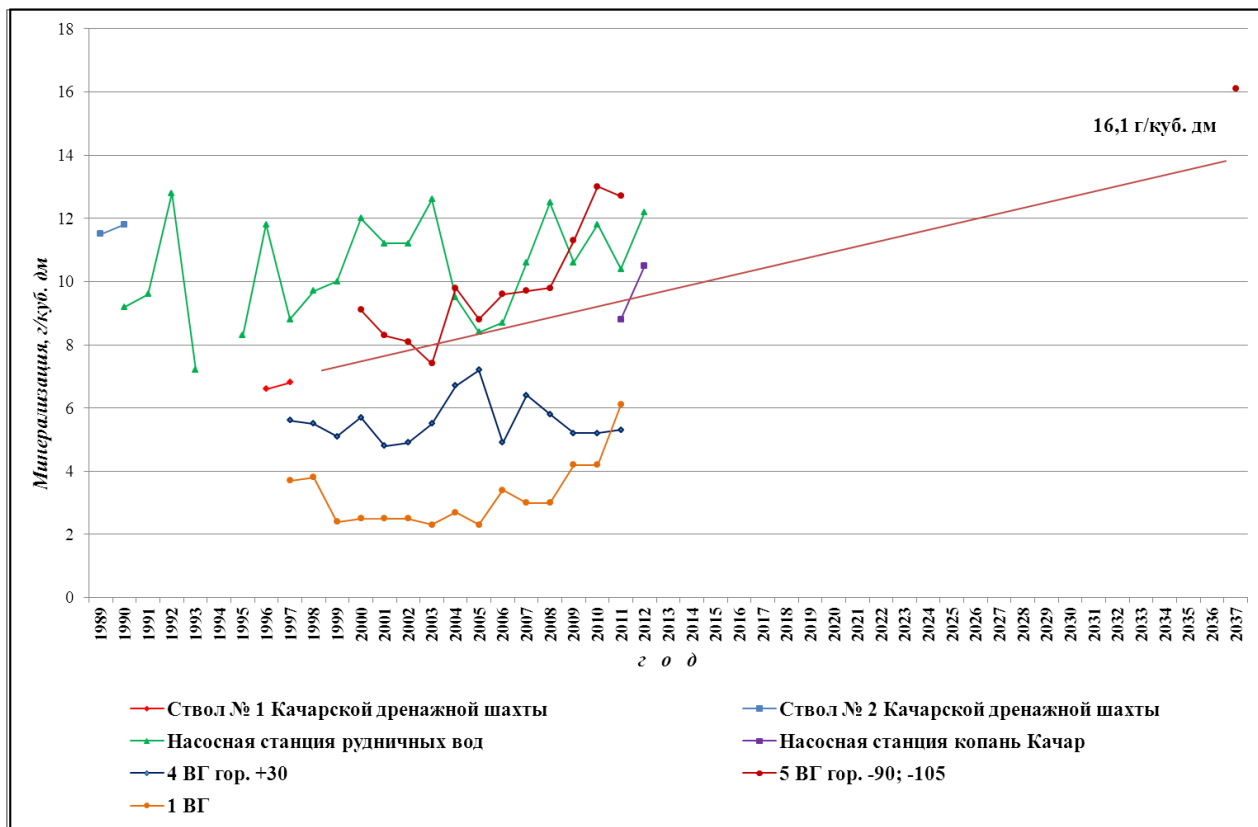


Рис. 2. Динамика изменения минерализации по водоотливным комплексам и водоносным горизонтам Качарского месторождения за 1989-2012 гг.

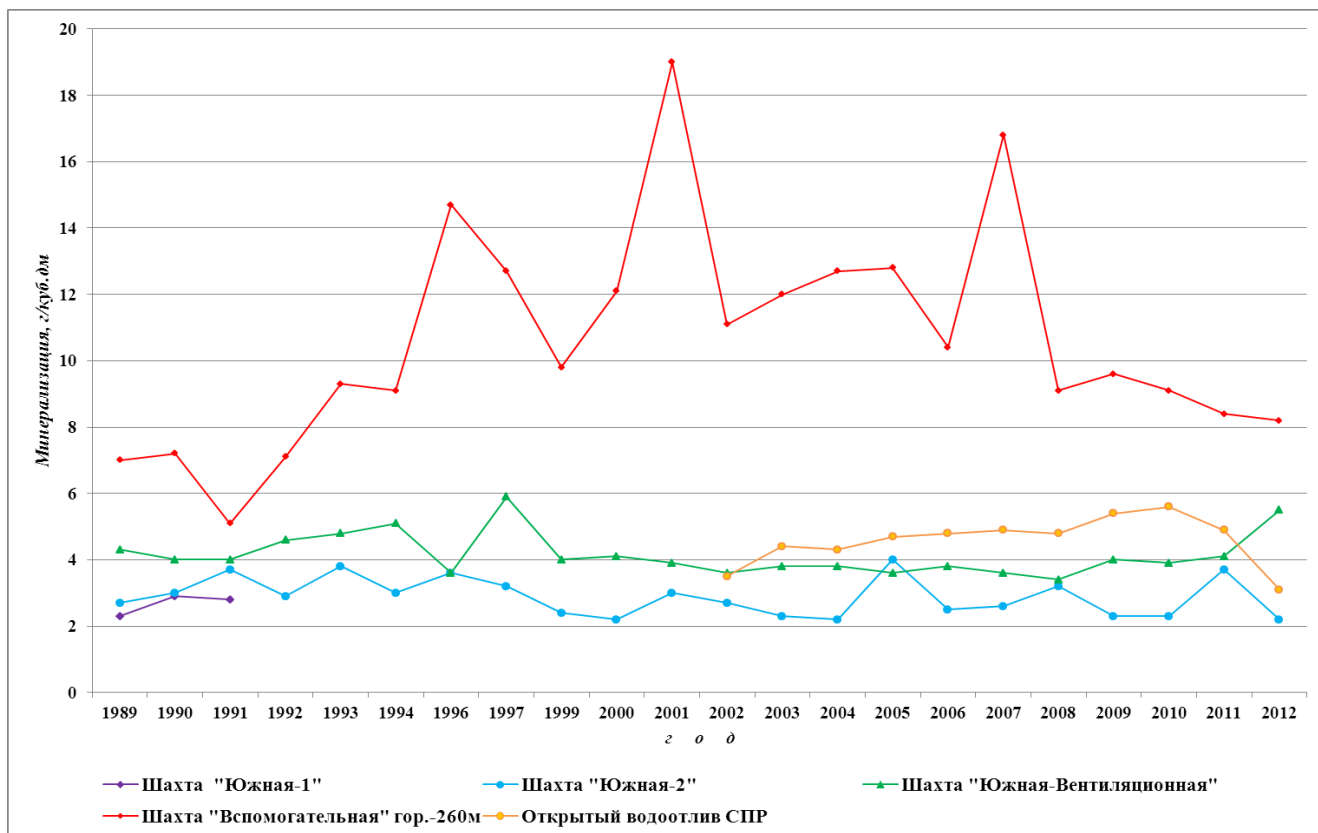


Рис. 3 Динамика изменения минерализации по водоотливным комплексам Соколовского месторождения за 1989-2012 гг.

Под влиянием более чем 30-летнего осушения месторождений здесь сформировался своеобразный гидрохимический режим водоносных горизонтов (рис. 4). На гидрохимической схеме выделены участки с различной минерализацией и составом подземных вод эоцен-мелового водоносного комплекса по состоянию на 1986 год. В основу выделения каждого из них положены фактические данные по элементам дренажных систем и гидрогеологическим скважинам. По этим данным автором рассчитан средний химический состав подземных вод каждого из участков. Палеозойский водоносный комплекс принимался для Соколовского и Сарбайского карьеров со средним химическим составом подземных вод, характеризующим верхнюю, наиболее водообильную, зону трещиноватых пород.

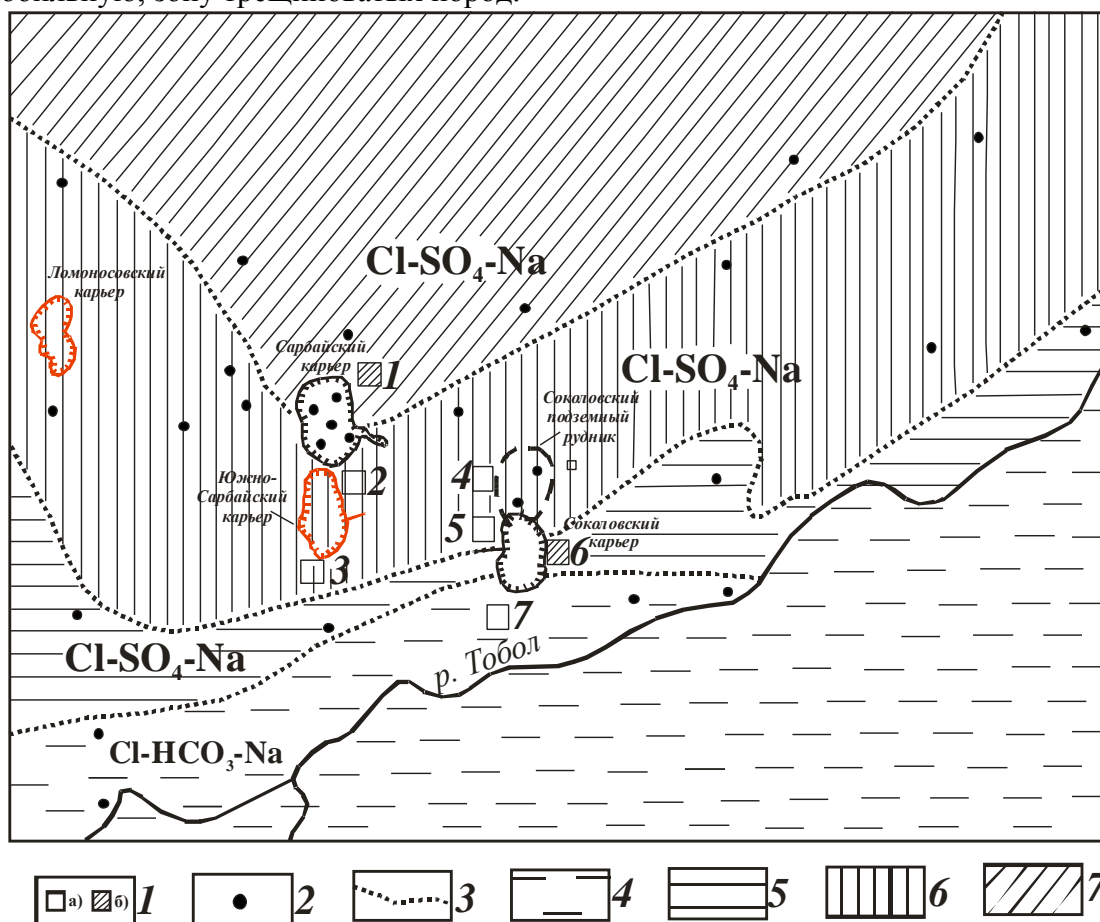




Рис. 4. Гидрохимическая схема эоценового водоносного горизонта района Соколовского и Сарбайского железорудных месторождений:

- 1- водоотливные стволы дренажных шахт: а) – действующие, б) - ликвидированные (1-Северная Сарбайская (ликвидирована в марте 2000 года), 2-Южная Сарбайская, 3- Южная Сарбайская Вентиляционная, 4-Вспомогательная СПР, 5-Южная Вентиляционная Соколовского карьера и подземного рудника, 6-Южная I Соколовского карьера (ликвидирована в апреле 1991 года), 7-Южная II Соколовского карьера);
- 2-гидрохимические точки опробования;
- 3-границы зон с различной минерализацией и химическим составом; 4-7-зоны с различной минерализацией, г/дм³ (4-до 1; 5-2-3; 6-3-4; 7-свыше 4).

-  - проектируемый карьер;
-  - существующий карьер.

Данные о долях участия водоносных горизонтов и комплексов в формировании водопритоков в горные выработки (по результатам ядерно-изотопных исследований середины 80-х годов) приведены в работе [1].

Состав дренажных вод в водоотливных стволах шахт определялся по формуле:

$$M_{\text{ср.}} = \frac{M_1 d_1 + M_2 d_2 + M_3 d_3}{d_1 + d_2 + d_3} \quad (1)$$

где M_1, M_2, M_3 – средняя минерализация или содержание компонентов водоносных горизонтов; d_1, d_2 и d_3 – доля участия водоносных горизонтов в общем водоотливе. В работе [1, 3, 4] приведен расчетный и фактический составы рудничных вод основных водоотливных стволов дренажных шахт и показана довольно близкая сходимость полученных данных.

В целом анализ показал, что методика расчета качества дренажных вод, основанная на долевом участии водоносных горизонтов применительно к существующим дренажным сооружениям в условиях сформировавшейся гидрохимической зональности и установившемся режиме фильтрации вполне пригодна для прогнозных оценок. Необходимо учесть, что изменение различных по составу зон происходит крайне медленно и по уклонам потока. К концу отработки карьеров (за 25 лет) фронт движения подземных вод пройдет путь в пределах воронки депрессии на расстояние 200-500 м. Качество рудничных вод за 25 лет эксплуатации резко не изменится. Изменилась лишь доля участия горизонтов в формировании водопритоков, которая определена математическим моделированием и подтверждена фактическими наблюдениями в период 1989-2012 гг.

Как показано в работе [1] на Сарбайском месторождении и Соколовском подземном руднике будет происходить незначительное (на 3-5 %) увеличение минерализации дренажных вод, а на Соколовском месторождении – опреснение на 5-6 %. Этот прогноз хорошо согласуется с фактическими наблюдениями за химическим составом водоотливных комплексов шахт за длительный период союзного времени (более 20 лет), где состав дренажных вод практически сформировался и почти не меняется в современных условиях.

Химический состав водоносных горизонтов Качарского месторождения изучался как в процессе разведки месторождения в разные годы, так и при его эксплуатации. Характерной особенностью гидрогеологических условий месторождения является наличие высокоминерализованных подземных вод хлоридно-натриевого типа. Самую низкую минерализацию (6.2 г/дм³) имеют подземные воды в отложениях альб-сеноманского яруса, что тесно увязывается с его проницаемостью и условиями водообмена. Эоцен-меловой водоносный горизонт и палеозойский водоносный комплекс – самые соленые на месторождении (средняя минерализация более 10 мг/дм³). Данные о среднем химическом составе водоносных горизонтов и комплексов Качарского месторождения на 1986 год приведены ниже:

Эоцен-меловой комплекс $M_{10,2} \frac{Cl79 SO^4 18 HCO^3 3}{Na66 Ca18 Mg16}$

Альб-сеноманский комплекс $M_{6,2} \frac{Cl78 SO^4 19 HCO^3 3}{Na63 Ca60 Mg17}$

Палеозойский комплекс $M_{9,9} \frac{Cl76 SO^4 21 HCO^3 3}{Na70 Ca18 Mg12}$

По материалам разведки и эксплуатации месторождения был рассчитан средний химический состав водоносных горизонтов, принимающих участие в формировании водопритоков в горные выработки [1].

По прогнозным оценкам водопритоков доля участия водоносных комплексов на конец эксплуатации Качарского месторождения такова: эоцен-меловой-27,3 %; альб-сеноманский-26,2 %; палеозойский-46,5 %.

Учитывая характер режима подземных вод, обусловленный отсутствием источников восполнения запасов и незначительным привлечением в водопритоки подземных вод смежных гидрохимических зон, прогнозный состав дренажных вод будет иметь вид:

$$M_{9,0} \frac{Cl77 SO^4_{20} HCO^3_3}{Na67 Ca19 Mg14}$$

Таким образом, ожидается незначительное увеличение минерализации рудничных вод ввиду преобладания притоков из водоносных горизонтов эоцен-мела и палеозоя. В середине 80-х годов ожидалось, что в водоотливных стволах шахт 1 и 2, принимающих воду всех трех водоносных горизонтов, дренажные воды будут иметь состав, полученный в результате расчетов.

Современная характеристика качественного состава рудничных стоков АО «ССГПО» приведены на рис. 1- 3 и может быть прокомментирована следующим образом. На Сарбайском руднике по основным водоотливным стволам дренажных шахт и открытым зумпфам сохраняется общая тенденция стабильного качественного состава на уровне 4-6 г/дм³. При этом шахта «Южная Сарбайская» горизонта +30 м существенно солонее (до 6 г/дм³), чем воды горизонта + 10 м ввиду того, что на +30-тый горизонт сбрасываются воды по дренажному штреку Северного и восточного направлений, где доля солоноватых вод в т.ч. палеозойского водоносного комплекса существенно выше, чем на шахте «Южная Сарбайская» горизонта + 10 м, куда сбрасываются более пресные воды открытых зумпфов верхних водоносных горизонтов Сарбайского карьера. Здесь минерализация смешанных вод на 2012 год составляет 4,7 г/дм³ и является современной обобщенной характеристикой качественного состава дренажных вод Сарбайского рудника. До момента закрытия шахты «Северной Сарбайской» в 2000 году величина общей минерализации по ней извлекаемых дренажных вод была на 1 г/дм³ больше, чем в шахте «Южная Сарбайская» (рис. 1) что связано с пространственной гидрохимической зональностью развития на север более солоноватых подземных вод мелового и палеозойского водоносных комплексов. Дальнейшая эксплуатация Сарбайского месторождения, включая Южно-Сарбайскую залежь, при сформировавшемся режиме водоотлива, но вовлечении в него более пресных вод со стороны Каратамарского водохранилища, не предполагает сколь-нибудь ощутимого увеличения общей минерализации, учитывая процессы вторичного засоления первого от поверхности водоносного горизонта и разгрузку его в систему открытого дренажа. Исходя из динамики развития наблюдений за качеством дренажных вод Сарбайского рудника за последние 10 лет можно заключить, что общая минерализация рудничных вод, извлекаемых при отработке объединенного Сарбайского и Южно-Сарбайского месторождений вряд ли превысит 5 г/дм³. Это также хорошо согласуется с выполненным прогнозом союзного периода [26], когда по шахте «Северная Сарбайская» прогноз составил 5,03 г/дм³, а по шахте «Южная Сарбайская» 4,63 г/дм³, что и наблюдается в настоящее время и никакой видимой закономерности изменения общего водоотлива на горизонте +30 м за последние 15 лет не наблюдается.

Соколовское месторождение как в контурах открытой, так и подземной отработки в течение последних 20 лет имеет устойчивую стабильность химического состава дренажных вод основных водоотливных шахт и устройств (рис. 3). Так, шахта «Южная-Вентиляционная», принимающая основной приток карьерных вод, имеет устойчивую минерализацию на уровне 4 г/дм³, характеризующую смешанный состав рудничных вод Соколовского карьера. Шахта «Южная-2» также стабильно принимает воду в диапазоне 2-4 г/дм³ и характеризует вовлечение в водоотлив более пресных вод со стороны реки Тобыл. Открытый водоотлив СПР с 2002 года до настоящего времени имеет тенденцию плавного роста общих солей с 3,5 до 5,5 г/дм³ и характеризует участие в формировании

притока в первый водоносный горизонт профильтровавшихся техногенных соленых вод хвостохранилища и поверхностных вод промплощадки. Шахта «Вспомогательная» горизонта -260 м СПР с 2002 года плавно снизила величину общей минерализации откачиваемых дренажных вод с 12 г/дм³ до 8 г/дм³ к 2012 году. В целом, выполненный прогноз середины 80-х годов актуален до настоящего времени [1, 3, 4], когда по шахте «Южная Вентилиционная» дана цифра общей минерализации 4,1 г/дм³, а по шахте «Южная-2»- 2,98 г/дм³, что и наблюдается в них в последние 20 лет. Видимой динамики изменения общих гидрохимических показателей формируемых дренажных вод при установившихся режимах водоотлива в контурах горных выработок Соколовско-Сарбайской промышленной площадки АО «ССГПО» в современных условиях не наблюдается. Видимых признаков к их изменению также не наблюдается, что позволяет рассматривать приведенные прогнозы кондиционными.

Совсем другая картина наблюдается на Качарской промышленной площадке, где величина общей минерализации отводимых рудничных стоков достигла 12 г/дм³ в 2012 году. Прогноз середины 80-х годов предполагал увеличение общих солей до 9 г/дм³ и это было справедливо до 2005 года (см. рис. 2). С началом третьего тысячелетия происходит устойчивый рост минерализации объединенных рудничных стоков, имеющих тенденцию условно прямой линии, которая через 25 лет достигнет величины 16,1 г/дм³ и может являться прогнозной оценкой общего химического состава рудничных вод Качарского рудника. Это в значительной степени объясняется сработкой емкостных запасов альб-сеноманского водоносного горизонта, снижении доли его участия в формировании общих водопритоков, а также вовлечении в водоотлив более соленых профильтровавшихся вод, созданных техногенных озер - копань Качар, каналы рудничных вод и пр. Кроме того, в водоотлив вовлекаются все более минерализованные воды палеозойского водоносного комплекса, которые имеют четкую вертикальную гидрохимическую зональность, выражающуюся в увеличении минерализации с глубиной.

Рудноминеральный комплекс является источником многих подвижных форм химических веществ и соединений, активно проникающих в почвы, грунтовые воды и поверхностные водотоки. Последние участвуют в питании подземных вод аллювия и береговых инфильтрационных водозаборов, а также формировании ресурсов глубоко погруженных напорных вод [2].

При осушении карьерных и шахтных полей из недр извлекаются огромные массы дренажных минерализованных вод (около 22 млн. м³ в год). Водопонижение в карьерах на глубину до 500 м формирует депрессионные воронки в радиусе до десятка километров, вызывает истощение вековых запасов и ущерб речному стоку. Деформации гидродинамического поля весьма многочисленны и масштабны. Они вызывают вторичное уплотнение глинистых пород, интенсифицируют выщелачивание и солеобмен в динамически подвижных зонах гидросферы, в т. ч. за счет отжатия связанных поровых вод. Этим обусловлена стабильность минерализации длительно извлекаемых дренажных вод и постоянное присутствие в них бромидов. Аккумуляция минерализованных вод в накопителях и хвостохранилищах с фильтрующими грунтами в основании вызывает перетекания в нижележащие водоносные слои, горизонты и водотоки. Подземные и поверхностные воды при этом обогащаются не только растворёнными солями, но и токсикантами, присущими дренажным водам. Такой загрязняющий эффект на подземные воды и поверхностные воды р.Тобол оказывают Сарбайский водонакопитель и хвостохранилище ССГПО.

Так, в дренажных водах Соколовского, Сарбайского карьеров, Сарбайского и Васильевского накопителей кроме повышенной минерализации (5 г/дм³) в их составе присутствуют токсичные вещества: Sr, Br, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, В [2] накапливающиеся в водах, природно-техногенных экосистемах в объёме 110 тыс.т/год, среди них В – 19; Со – 1,7; Рb – 0,6 т/год.

Нажимное действие водонакопителей и хвостохранилищ вызывает отток таких вод и

загрязнения подземных вод четвертичных, плиоценовых, миоценовых и палеоценовых водоносных толщ, а через них и поверхностных вод.

Фильтрующие Сарбайский водонакопитель и хвостохранилище наиболее близко расположены к р.Тобол. Несмотря на привлечение части стока реки к водопонижительной системе Соколовского карьера (3-5 тыс.м³/сут.), общее загрязняющее влияние промзоны г. Рудного на загрязнение подземной гидросферы, р. Тобол и прилегающей к ней водосборной площади вплоть до г. Костаная, весьма существенное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Едигенов М.Б. и др. «Гидрогеология и охрана окружающей среды горнорудных районов Северного Казахстана». М., Недра, 1992., 270 с.
2. Дейнека В.К. Гидрогеология Торгайского прогиба. Костанай, 2005, 218 с.
3. Едигенов М.Б. Гидрогеология рудных месторождений Северного Казахстана, Костанай, 2013, 308 с.
4. Едигенов М.Б. Горнорудничная гидрогеология и геориски на месторождениях Северного Казахстана. Бишкек, 2014, 367 с.