Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова
т. LXXX, 1980 г.

УДК 551.49

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРОЦЕССЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Т.Н.НОВОСЕЛОВА

Добыча железных руд КМА ведется чрезвычайно высокими темпами, намечено дальнейшее расширение мощностей действующих горнорудных предприятий Старооскольского и Михайловского железорудных районов, а также промышленное освоение новых месторождений. В такой ситуации охрана вод региона и составление обоснованных гидрохимических прогнозов невозможны без тщательного анализа изменений химического состава подземных вод в процессе разработки месторождений.

Промышленное освоение рассматриваемой территории, особенно ввод в действие систем водопонижения на карьерах, нарушило режим подземных вод. Наиболее общие особенности нарушения режима в районе КМА следующие:

1) резкие изменения направлений, скоростей потоков и условий питания подземных вод происходили в сравнительно короткий срок (2-3 года), движение вод за это время стало радиально направленным: от периферии к центру депрессионной воронки (карьерам);

2) водопонижение охватило все водоносные горизонты, включая и глубокозалегающие, радиусы образовавшихся депрессионных воронок и понижение уровней достигают значительных величин, например, на Михайловском месторождении в нижнем комплексе понижение в центре депрессионной воронки почти 90 м, а в радиусе 10 км около 40 м;

3) действие мощных систем водопонижения усилило водообмен как внутри отдельных горизонтов, так и между горизонтами;

4) поверхностные водотоки в радиусе влияния воронок депрессии утрачивают свои дренирующие функции и превращаются в источники питания подземных вод, так, например, произошло с р.Осколец.

Все эти факторы в той или иной степени сказались на формировании химического состава подземных вод территории. Изменение химического состава вод прослежено по данным анализов проб воды, отобранных с 1951 по 1979 г., и по гидрохимическим картам, характеризующим основные водоносные горизонты в различные периоды освоения месторождений.

Анализ обширного фактического материала показывает, что изменившиеся условия питания дренажа и циркуляции подземных вод вызвали в радиусе влия-

ния депрессионных воронок смешение вод различных горизонтов. В результате усилившегося проникновения на глубину кислорода и углекислоты произошло изменение естественной геохимической обстановки в сторону резко окислительной, нарушилось равновесие системы вода – порода, по-иному стали протекать физико-химические процессы формирования химического состава вод: выщелачивание, катионный обмен, сорбция, смешение и т.д. Так, в Михайловском железорудном районе изменение гидрокарбонатного магниево-кальциевого состава протерозой-архейских вод на хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный натриевый можно объяснить активизацией процессов окисления, растворения и выщелачивания эпигенетических минералов (пирита, шамозита и др.) из водовмещающих пород и руд. В Старооскольском железорудном районе усилившееся выщелачивание сравнительно засоленных пород юры и девона, а также растворение эпигенетических образований пород кристаллического фундамента увеличило минерализацию вод глубокозалегающих водоносных горизонтов на 0,3-0,4 г/л. Химический состав вод стал преимущественно сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатным натриево-магниево-кальциевым.

Наиболее четкие изменения в химическом составе и распространении вод различного типа фиксировались в период формирования депрессионных воронок. На территории Старооскольского железорудного района, в период с 1966 по 1969 г., когда была образована объединенная система водоотбора на Лебединском и Южно-Лебединском карьерах и заметно возросла производительность скважин Стойленского карьера, химический состав подземных вод стал более сложным. Причем перемены наиболее заметны были в центральной части депрессионной воронки.

В процессе откачки химический состав вод и минерализация постепенно стабилизировались. Через пять лет пестрота в распределении ионов и типов вод стала менее ощутимой. В центральной части депрессионной воронки в сеноман-альбском водоносном горизонте сформировались гидрокарбонатные натриево-кальциевые воды, а за ее пределами – гидрокарбонатные магниево-кальциевые.

Отмеченные особенности изменения химического состава вод подтверждаются результатами статистической обработки гидрогеохимических данных, выполненной на ЭЦВМ. Анализировались три выборочные совокупности, характеризующие макрокомпонентный состав вод песков келловей-батского водоносного горизонта Михайловского месторождения в периоды естественного режима (I) формирования региональной депрессионной воронки (II) и стабилизации уровенного режима в процессе водопонижения (III).

Учитывая, что распределения признаков по всем трем выборкам соответствуют логарифмически нормальному закону распределения, взаимосвязь между ними оценивалась по парным коэффициентам корреляции [1, 2].

Наличие прямых корреляционных связей между сухим остатком и различными компонентами состава воды согласуется с преобладающим типом природных вод для каждого периода.

Анализ коэффициентов парной корреляции между компонентами подтвердил также вывод о существенной роли смены естественной гидрохимической обстановки в сторону окислительной в изменении химического состава подземных вод.

Так, если в I и III периоды обратная зависимость между минерализацией и pH очень слабая, то во время активного водопополнения (II период) коэффициент корреляции заметно увеличивается. О неустойчивом (несложившемся) характере химического состава вод во II, переходный период свидетельствует ослабление связей между компонентами, что выражается в уменьшении абсолютных величин их коэффициентов корреляции.

В процессе освоения железорудных месторождений полезных ископаемых, как уже отмечалось, произошли коренные изменения в условиях питания и разгрузки подземных вод, что особенно сказалось на формировании химического состава первых от поверхности водоносных горизонтов. По соотношению макрокомпонентов эти воды однообразны: их относят к гидрокарбонатному классу группы кальциевых, в основном I и II типам (по классификации О.А.Алекина) с минерализацией 0,2–0,8 г/л.

Разработка железорудных месторождений сопровождается созданием хвостохранилищ, прудов-накопителей, гидроотвалов и других аккумуляторов технических вод. Инфильтрация последних через зону аэрации в той или иной степени влияет на химический состав подземных вод. Результаты лабораторных исследований с образцами грунтов, отобранными на Михайловском, Стойленском и Лебединском карьерах, позволили выделить в качестве ведущих процессы катионного обмена и сорбции.

Изученные породы, представленные высокодисперсными глинами и суглинками, обладают значительной обменной емкостью. Емкость поглощения пород Лебединского и Стойленского карьеров от 3,4 до 25,3 ммоль на 100 г сухой породы. Для глин Михайловского месторождения характерна более равномерная поглощающая способность (10–18 ммолей на 100 г). Наблюдается тенденция к некоторому уменьшению количества поглощенных породой катионов с глубиной [3].

Так как породы зоны аэрации хорошо промыты и не содержат значительных количеств водорастворимых солей (по данным водных вытяжек они составляют сотые доли процента), процессы выщелачивания играют подчиненную роль. Поэтому при инфильтрации вод иного состава дополнительного увеличения их минерализации не ожидается, так как катионный обмен происходит в эквивалентных величинах.

Необходимо также отметить, что степень изменения химического состава подземных вод в рассматриваемых районах определяется геолого-гидрогеологическими особенностями и геоморфологией территорий, а также составом инфильтрующихся вод.

Михайловский железорудный район находится в условиях более благоприятных для сохранения естественного состава вод. Наличие мощной толщи покровных четвертичных суглинков (20–40 м) препятствует свободной инфильтрации загрязненных поверхностных вод. Прямая гидравлическая связь подземных и поверхностных вод почти отсутствует, так как реки отведены за пределы дренирующего влияния Михайловского карьера [4].

В Старооскольском железорудном районе подземные воды лишены такого мощного предохраняющего чехла, а первые от поверхности водоносные горизонты связаны и с главным для водоснабжения сеноман-альбским горизонтом,

Таблица

Вероятностно-статистические параметры распределения компонентов химического состава вод Старооскольского железорудного района, мг/л

Компоненты	Среднее арифметическое значение $\bar{x}$				Среднее арифметическое значение логарифмов $\ln \bar{x}$				Среднее квадратичное отклонение логарифмов $S_{\ln}$			
	1	2	3	4		2	3	4	1	2	3	4
Ca^{2+}	89,1	75,9	89,5	92,8	4,49	4,33	4,60	4,53	0,28	0,29	0,08	0,14
Mg^{2+}	12,4	7,4	13,2	14,0	2,52	2,00	2,58	2,64	0,59	0,64	0,64	0,64
$Na^{+}+K^{+}$	56,2	38 5	59,7	56,3	4,00	3,65	4,09	4,03	0,52	0,33	0,20	0,74
HCO_3^-	223,6	219,2	207,7	230,1	5,41	5,39	5 59	5,44	0,27	0,26	0,03	0,36
SO_4^{2-}	154,9	81,5	131,6	104,6	5,04	4,40	4,88	4,65	0,52	0,49	0,14	0,62
Cl^-	32,5	20,1	37,7	55,7	3,48	3,00	3,63	4,02	0,30	0,30	0,31	0,48
Сухой остаток	478,2	340,4	464,1	533,8	6,17	5,83	6,14	6,28	0,32	0,27	0,11	0,11
	7,7	7,6		7,8	2,04	2,03		2,05	0,04	0,05	-	0,08

Примечание. 1-4 - места отбора проб: 1 - сквозные фильтры Лебединского подземного дренажного комплекса (ЛПДК) со стороны гидроотвала (38 проб); 2 - сквозные фильтры ЛПДК со стороны р.Осколец (44 пробы); 3 - р.Осколец вблизи карьера (12 проб); 4 - гидроотвал Березов Лог (13 проб).

с нижележащими водоносными горизонтами. В этих условиях растет угроза проникновения загрязняющих веществ из поверхностных водоемов и рек в подземные воды района и необходимы более тщательные исследования процессов самоочищения подземных вод, тем более что дополнительными источниками питания подземных вод в Старооскольском железорудном районе стали участок "подъеденного" русла р.Осколец, гидроотвал Березов Лог, хвостохранилище Лебединского горно-обогатительного комбината и другие аккумуляторы технических вод горнорудной промышленности.

Существование гидродинамической связи подтверждено сравнением вод методом математической статистики. Анализировались четыре выборочные совокупности, составленные по 107 анализам проб воды. Рассматривалось восемь признаков: макрокомпоненты, pH и сухой остаток (табл.I).

Непротиворечие принятой гипотезе о логарифмически нормальном законе распределения рассматриваемых признаков позволило использовать вычисленные значения $\bar{x}$, $\ln \bar{x}$, $S_{\ln}$ в качестве оценок параметров при дальнейших статистических расчетах и их интерпретации.

Для сравнения вод ЛПДК гидроотвала Березов Лог и р.Осколец применен критерий z^2 (табл.2). Расчет критерия производился при условии независимости признаков и наблюдений [I]. В качестве эталонного был выбран комплекс макрокомпонентов вод, отобранных из группы сквозных фильтров ЛПДК со стороны гидроотвала.

Как видно, значения z^2 по всем выборочным совокупностям не превышают критического уровня χ^2, что свидетельствует об отсутствии значи-

Таблица 2

Результаты сравнения химического состава вод по критерию z^2

Место отбора пр	Критерий z^2	Число степеней свободы f	Критерий Бартлета χ^2
Сквозные фильтры со стороны р.Осколец	6,8	6	16,8
р.Осколец вблизи карьера	0,6	6	16,8
Гидроотвал Березовый Лог	4,75	6	20,1

мых различий в средних значениях содержаний основных компонентов и дисперсий их распределения.

Удоказанная идентичность макрокомпонентного состава вод, отобранных из сквозных фильтров и поверхностных из гидроотвала Березов Лог и р.Осколец (вблизи карьера), подтверждает существование между ними тесной гидравлической связи, обуславливающей необходимость глубокого изучения гидрохимических процессов, происходящих в водоносных горизонтах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавришин А.И. Гидрогеохимические исследования с применением математической статистики и ЭВМ. М., Недра, 1974. 145 с.

2. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе вещества. Физматгиз, 1960. 430 с.

3. Пынтикова Л.П., Горбунова О.Г. Роль катионного обмена в формировании химического состава подземных вод КМА. - В кн.: Охрана и рациональное использование подземных вод в горнорудных районах при разработке месторождений полезных ископаемых. Белгород, изд. ВИОГЕМ, 1979, с. 42-45.

4. Соколов Д.С., Бобрышев А.Т., Никитин М.Р. Гидрогеология СССР. М., Недра, 1972. Т.4. 495 с.