

МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МИХАЙЛОВСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА (КМА)

М. В. Кумани, Р. А. Попков*

*Курский государственный университет, г. Курск
ОАО «Михайловский ГОК», г. Железнодорожск Курской области

Более чем полувековая история освоения Михайловского месторождения оказала негативное воздействие на состояние всех компонентов природной среды. При этом техногенные воздействия имеют наступательную, прогрессирующую тенденцию.

В статье рассматриваются общие проблемы техногенных изменений режима подземных вод в Михайловском горнопромышленном районе, описаны водоносные горизонты данного района, а также обозначены основные задачи по оптимизации системы гидрогеологического мониторинга.

Мониторинг геологической среды в горнодобывающих регионах предназначается для регулярного получения и систематизации информации о состоянии массивов горных пород и подземных вод во взаимосвязи с сопредельными компонентами окружающей среды на разведываемых, осваиваемых, разрабатываемых и отработанных месторождениях и прилегающих территориях, а также для прогноза изменений, происходящих в геологической среде под воздействием природных и техногенных факторов.

При ведении мониторинга геологической среды в пределах горнодобывающих регионов должны учитываться общие требования Государственного мониторинга геологической среды, как подсистемы Единой государственной системы экологического мониторинга [4].

Михайловский горнопромышленный район является частью железорудного бассейна КМА. Район расположен на территории Курской (Железнодорожский, Фатежский и Дмитриевский районы) и Орловской (Дмитровский, Троснянский и Кромский районы) областей. Самым крупным населенным пунктом района является г. Железнодорожск. На базе уникального железорудного Михайловского месторождения возник и развивается одноименный горно-обогатительный комбинат.

Кроме горнорудной промышленности в районе развиты предприятия легкой, химической, перерабатывающей и машиностроительной промышленности, развито сельское хозяйство. Кроме того, Михайловский горнопромышленный район находится на территории радиоак-

тивного загрязнения, происшедшего в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Более чем полувековая история освоения Михайловского месторождения оказала негативное воздействие на состояние всех компонентов природной среды. При этом техногенные воздействия имеют наступательную, прогрессирующую тенденцию. Их влияние носит сложный комплексный характер, охватывая все компоненты природной среды (недра, поверхностные и подземные воды, атмосферу, почву, растительность, ландшафт, биоту и сельхозугодия) [2].

Основными загрязнителями природной среды в районе являются горная промышленность и агропромышленный комплекс. Количество вредных выбросов горного производства МГОКа в атмосферу составляет около 6 тыс. т в год, других предприятий г. Железнодорожска — 2 тыс. т в год, сельского хозяйства — 1 тыс. т в год.

В настоящее время в условиях наращивания объемов железорудного производства и внедрения новых технологий и производств на МГОКе устойчивое геоэкологическое развитие Михайловского горнопромышленного района становится практически невозможным без регулярного изучения, оценки и прогноза изменения состояния природной среды.

Практика эксплуатации Михайловского месторождения свидетельствует о том, что на большой территории, прилегающей к карьерному полю, произошло существенное изменение природных условий: значительно нарушен естественный режим подземных вод, который проявлен в региональном масштабе.

В геологическом строении территории Михайловского горнопромышленного района участвуют интенсивно дислоцированные и метаморфизованные докембрийские комплексы кристаллического фундамента и перекрывающие их фанерозойские образования осадочного чехла. Подземные воды в пределах района приурочены ко всем стратиграфическим подразделениям осадочного чехла и трещиноватым зонам кристаллического фундамента. Особенность строения геологического разреза характеризует обводненную толщу как многослойную гидравлическую систему со сложными условиями взаимосвязи отдельных водоносных горизонтов.

На территории рассматриваемого района четко выделяются два водоносных комплекса: верхний (надкелловейский) и нижний (подкелловейский), разделенные региональным верхнеюрским водоупором.

В *верхний водоносный комплекс* объединены четвертичный, альб-сеноманский водоносные горизонты и неоком-аптская спорадически обводненная толща. Питание их осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в долинах рек и в дренажную систему Михайловского карьера.

Четвертичный водоносный горизонт (Q) приурочен к пойменным и русловым отложениям поверхностных водотоков. Водовмещающие породы представлены суглинками, супесями и разнозернистыми песками. Горизонт безнапорный, с уровнем воды на глубине 0—10,0 м. Водопроницаемость горизонта неравномерная, коэффициент фильтрации изменяется в пределах 0,07—2,6 м/сут.

Альб-сеноманский водоносный горизонт ($K_{1-2}al-sm$) приурочен к пескам различного гранулометрического состава. Развит повсеместно. Преобладающая его мощность — 20—30 м, местами до 60 м. Коэффициент фильтрации изменяется от 0—2 до 20 м/сут. Режим горизонта естественный.

Неоком-аптская спорадически обводненная толща (K_{nc-a}) имеет широкое распространение, приурочена к песчано-глинистым отложениям. Мощность обводненных пород варьирует от нескольких см до 9,4—16,2 м. Коэффициент фильтрации колеблется от 0,003 до 15 м/сут.

Верхнеюрский водоупор (J_3), отделяющий верхнюю гидродинамическую систему от нижней, сложен толщей келловейских и волжских глин с преобладающей мощностью 30—50 м.

В *нижний водоносный комплекс* объединены бат-келловейский, верхне-средне-девонские водоносные горизонты, а также водоносная зона трещиноватых архей-протерозойских кристаллических пород.

Бат-келловейский водоносный горизонт ($J_{2-3}bt-k$) приурочен к песчаным отложениям батского и нижней части келловейского ярусов. Горизонт напорный (до 200 м). Мощность его в среднем 20—30 м, местами до 60 м. Коэффициент фильтрации от 0,03 до 14 м/сут. (преобладают значения 5,1—8,6 м).

Верхне-девонский (верхнещигровско-семилюкский) водоносный горизонт ($D_3\check{S}\check{C}_2-sm$) имеют небольшое распространение. Водовмещающие породы представлены известняками и мергелями. Коэффициент фильтрации 0,16—2,6 м/сут.

Мосоловский водоносный горизонт (D_2ms) имеет практически повсеместное распространение. В разрезе преобладают глины, пески, алевролиты, песчаники и известняки суммарной мощностью до 137 м. Водообильность низкая с удельными дебитами скважин в сотые и тысячные доли л/сек.

Морсовский водоносный горизонт (D_1mr) приурочен к разнозернистым пескам и песчаникам, реже алевролитам и алевролитам в пределах понижений и ложбин в кровле кристаллического фундамента. Горизонт напорный, напор варьирует от 65—95 м до 400 м. Водообильность пород высокая, с удельными дебитами от 1—2 до 9,8 л/сек. Мощность водовмещающих пород составляет 3,5—48,5 м.

Водоносная зона трещиноватых архей-протерозойских кристаллических пород (AR-PR) развита повсеместно, приурочена к тектоническим нарушениям и участкам выветривания различных пород фундамента. Мощность ее чрезвычайно невыдержана и варьирует от 0 до 300—400 м, иногда до 500 м. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,0004 до 12,4 м/сут. При проходке подземных выработок вскрывались тектонические нарушения, водопритоки из которых достигали от 70—90 до 1500—4000 м³/час. Горизонт обычно напорный. Пьезометрическая поверхность водоносной зоны находилась на абсолютных отметках 168—170 м.

Появление техногенной области разгрузки подземных вод под влиянием действующей системы осушения Михайловского карьера привело к существенным изменениям природных условий и нарушению гидродинамического

режима водоносных толщ, которое проявляется в коренном изменении уровневого режима, скоростей и направлений фильтрации подземных вод, их качества. В связи с этим на территории Михайловского горнопромышленного района на протяжении ряда лет ведутся наблюдения за режимом подземных вод.

Подземные воды, залегающие выше глинистых пород верхнеюрского водоупора (верхний водоносный комплекс), обладают естественным режимом. Только на локальных участках водозаборов и в районе Михайловского карьера образовались незначительные по глубине (до 10—15 м) и площади (от сотен метров до 1—2 км в диаметре) депрессионные воронки. Характер воронок постоянен, водоотбор полностью компенсируется атмосферным питанием подземных вод.

Гидродинамический режим водоносных горизонтов, расположенных ниже верхнеюрского водоупора (нижний водоносный комплекс), обусловлен незначительными естественными ресурсами из-за затрудненных условий их восполнения. Непосредственное налегание юрских песков и девонских отложений на участки локальных выступов докембрийского фундамента создало благоприятные условия для гидравлической связи между всеми водоносными горизонтами нижнего этажа. На фильтрационный режим подземных вод нижнего водоносного комплекса оказывают влияние подземные воды верхней гидравлической системы путем переточка вод на участках отсутствия низкопроницаемых глинистых отложений юры.

Уровеньный режим батского водоносного горизонта в связи с работой подземного дренажного комплекса характеризуется стабильным снижением уровней по всей площади карьера. В зависимости от геолого-гидрогеологических условий водоносного горизонта и интенсивности его разгрузки дренажной системой величина снижения уровней воды в нем имеет различные значения. С начала осушения карьера уровни в батском водоносном горизонте понизились на величину 40,27—85,99 м. Продолжается дальнейшее расширение и углубление депрессионной воронки. По конфигурации она имеет эллипсоидную форму, вытянутую в юго-западном направлении, с относительно крутыми уклонами крыльев в приконтурной части карьера, особенно в северо-восточной, и более пологими на периферии. Размеры воронки по большой

оси — 80—90 км, по малой — 60—70 км. Глубина депрессионной воронки изменяется от 75 до 110 м. На значительной территории вокруг карьера водоносный горизонт приобрел безнапорный характер.

На уровеньный режим подземных вод мосоловского и морсовского водоносных горизонтов оказывают влияние эксплуатация водозабора “Погарщина” и дренажная система карьера, в восточной части — только подземный дренажный комплекс. Режим среднедевонского водоносного комплекса в районе водозабора р. Погарщина обусловлен неритмичной работой водозабора. Величина снижения уровня в непосредственной близости от водозабора “Погарщина” составляет 6.5—8.5 м/год, по площади карьерного поля — от 0,34 до 2,95 м/год. В средне-девонском водоносном комплексе продолжает сохраняться разрыв пьезометрических уровней морсовского и мосоловского водоносных горизонтов. Величина снижения уровня с начала работы водозабора “Погарщина” составляет максимально 123,76 м. Депрессионные воронки в морсовском водоносном горизонте вытянуты вдоль гребнеобразных выступов фундамента, являющихся границами обводненных пород.

Уровеньный режим водоносной зоны трещиноватых архей-протерозойских кристаллических пород характеризуется снижением по всей площади карьерного поля и за его пределами. Величина снижения уровня за год составляет от 0,48 до 3,75 м, что обусловлено дренированием водоносного горизонта подземными горными выработками и ведением добычных работ в карьере. С начала осушения карьера величина снижения уровня составляет 132,64 м.

В целом по району темп снижения депрессионных воронок в нижнем водоносном комплексе при достигнутом объеме водоотлива замедляется [1].

При исследовании влияния осушения Михайловского карьера на режим подземных вод выяснилось, что сформировавшаяся здесь депрессионная воронка в настоящее время взаимодействует с воронками вокруг ряда водозаборов — городов Курска, Железногорска, Брянска, Орла. Этот факт подтверждает, что мониторинговые исследования необходимо проводить с целью долгосрочного прогнозирования режима подземных вод. Нарушение гидродинамического режима охватывает значительную часть тер-

ритории Курской, Орловской и частично Брянской областей.

В регионе наблюдается значительный дефицит воды за счет перетока, увеличения вертикальной фильтрации и, как следствие, смешения подземных вод различного качества. Подток некондиционных вод из смежных водоносных горизонтов или из поверхностных водотоков и водоемов ведет к изменению химического состава подземных вод, увеличению их минерализации, жесткости, повышению содержания Fe и других элементов, активизации физико-химических процессов в водоносных горизонтах [1].

Нарушение природных гидрогеологических условий на промплощадке МГОКа связано с деятельностью Михайловского горнорудного предприятия. Строительство и эксплуатация фабрик обогащения и окомкования ГОКа привели к ухудшению условий поверхностного стока, потерь технических и промышленных вод, в результате чего образовался сплошной четвертичный водоносный горизонт.

Мониторинг изменения уровней грунтовых вод на подтопляемой территории ведется по гидрорежимным скважинам. С 1981 года и по настоящее время поверхность зеркала воды четвертичного водоносного горизонта на промплощадке имеет куполообразную форму с максимальной абсолютной отметкой на конец 2003 г. 242,21 м. Результаты мониторинговых наблюдений за последние годы показывают, что уровень режим грунтовых вод характеризуется преимущественно сезонными колебаниями. В зимний период, когда питание водоносного горизонта за счет атмосферных осадков минимальное, уровни стабилизируются. Наибольшая скорость подъема уровня воды отмечается в марте-апреле и носит скачкообразный характер [3].

На уровень режим альб-сеноманского водоносного горизонта на территории промплощадки фабрик МГОКа существенное влияние оказывает высота положения зеркала воды хвостохранилища. Абсолютные отметки зеркала воды в отсеках хвостохранилища за последние годы представлены в таблице.

Данные наблюдений по годам подтверждают повышение уровня зеркала воды на хвостохранилище.

Установлено, что химический состав подземных вод нижнего и верхнего водоносных комп-

Таблица

Абсолютные отметки зеркала воды

Год	2001	2002	2003
I отсек	231,23	232,5	233,62
II отсек	230,97	232,1	233,64
III отсек	230,93	231,8	232,9

лексов различен и относится к следующим гидрохимическим типам:

а) альб-сеноманского водоносного горизонта — к гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевому;

б) батского — к сульфатно-хлоридному с общей минерализацией 0,2—0,5 г/л;

в) среднедевонского — к гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевому с минерализацией от 0,4 до 1,0 г/л.

Сравнительная характеристика химанализа вод водоносных горизонтов приводится в соответствии с классификацией О. А. Алекина.

Воды альб-сеноманского водоносного горизонта имеют следующий состав: гидрокарбонат-ион 61,120—317,304 мг/л, хлор-ион 4,0—25 мг/л, сульфат-ион 4,6—145 мг/л, кальций-ион 6,012—80,160 мг/л, магний-ион 8,512—32,832 мг/л. Азотные соединения представлены ионами аммония и нитратами в следующих пределах, соответственно, 0,003—4,250 мг/л и 0,008—12,5 мг/л. Фосфаты не превышают 0,012 мг/л. Содержание железа зачастую превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК=0,3 мг/л), достигая 3,290 мг/л. Величина жесткости меняется от очень мягких 0,9 мг/л до умеренно жестких 6 мг/л. Активная реакция воды (рН) варьирует от нейтральных (7,4) до щелочных (9,5). Цветность практически в половине проб превышает ПДК, т.е. 20°. Мутность изменяется от 0,37 мг/л до 65,5 мг/л. Содержание нефтепродуктов варьирует от 0,04 мг/л до 1,310.

Воды батского водоносного горизонта пресные, от нейтральных до слабощелочных (рН=7,0—8,0), от умеренно-жестких до жестких ($J_{\text{общ.}} = 5,2—6,6$ мг-экв/л). Концентрация основных ионов следующая: сульфат-ион — 31,2—56,4 мг/л; хлор-ион 15-28 мг/л. Содержание в воде азотных соединений следующее: нитрат-ион 0,1—0,9 мг/л, аммонийный азот 0,13—2,9 мг/л. Содержание железа превышает ПДК (0,3 мг/л), составляя 0,34—1,23 мг/л. Цветность и мутность в более половины проб (60—70 %) превышает ПДК, запах — в 65 % проб (норма

2 балла). В бактериологическом отношении воды здоровые.

Воды среднедевонского водоносного горизонта слабоминерализованные (200—470 мг/л), умеренно жесткие 2—5,3 мг-экв/л, активная реакция воды (рН = 6,9—8,35) слабощелочная. Содержание основных ионов: хлор-ион 100—438 мг/л, гидрокарбонат-ион 115,93—268,48 мг/л, сульфат-ион 0,5—15 мг/л, кальций-ион 2,004—66,132 мг/л, магний-ион 4,864—43,776 мг/л. Железо варьрует от 0,05 до 0,80 мг/л.

Физические свойства питьевой воды (запах, привкус) — в пределах ПДК. Азотные соединения отмечаются в виде азота аммония, составляя 0,03—0,50 мг/л.

Многолетние наблюдения за химизмом подземных вод района месторождения показывают, что в подкелловейском водоносном комплексе (батский и девонский водоносные горизонты) изменения гидрохимического состава несущественны и не сказались на качественном составе и потребительских свойствах воды.

В надкелловейском водоносном комплексе (альб-сеноманский водоносный горизонт) установлены значительные изменения физических свойств воды, повышенное содержание загрязняющих веществ в районах, где имеются крупные загрязняющие объекты: карьер, хвостовый и шламохранилище [3].

Анализ техногенных изменений подземных водоносных комплексов позволяет наметить следующие основные задачи организации гидрогеологического мониторинга:

1. Необходимо продолжать контроль за динамикой депрессионных воронок нижнего водоносного комплекса, их взаимодействием с депрессионными воронками других крупных потребителей.

2. Целью мониторинга верхнего водоносного комплекса является, в основном, контроль за возможным загрязнением от поверхностных источников — промышленных, коммунальных, сельскохозяйственных предприятий и других водопользователей.

3. Важным аспектом контроля является анализ взаимодействия этого водоносного комплекса с поверхностными водными объектами — реками, прудами, хвостохранилищем МГОКа. Водообмен может приводить к существенному изменению качества подземных, а также поверхностных вод.

4. В целях контроля качества химический состав подземных вод Михайловского горнопромышленного района должен регулярно определяться в санитарно-технической лаборатории МГОКа и муниципальной лаборатории по анализам питьевой воды.

5. Проведение систематических наблюдений за режимом подземных вод позволяет своевременно принимать меры по предотвращению или снижению негативных последствий от понижения уровня подземных вод, которое может привести к уменьшению запасов и ухудшению качества воды на действующих водозаборах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кичигин Е. В. Создание и ведение мониторинга подземных вод в районе Березовского водозабора МП «Железнодорожный горводоканал» / Е. В. Кичигин, В. П. Петриченко, М. В. Кумани, А. М. Божков // Отчет. Белгород, — 2001.

2. Петрик А. И. Принципы организации и ведения мониторинга геологической среды на объектах горнодобывающей промышленности / А. И. Петрик // Тезисы докладов I Всероссийского совещания «Мониторинг геологической среды на объектах горнодобывающей промышленности». г. Березники Пермской обл., 1999. — С. 22—24.

3. Филимонов П. Н. Отчет «Объектный мониторинг геологической среды в Михайловском горнопромышленном районе КМА (подземные воды) за 2003 г.» / П. Н. Филимонов // Отчет. Железнодорожск, — 2004.

4. Фромм В. В. Требования к организации и ведению мониторинга геологической среды в горнодобывающих районах / В. В. Фромм, А. И. Шеко, Г. Н. Кашковский // Тезисы докладов I Всероссийского совещания «Мониторинг геологической среды на объектах горнодобывающей промышленности». г. Березники Пермской обл., 1999. — С. 36—38.