

**ПРИЗНАКИ ТЕХНОГЕННОЙ МЕТАМОРФИЗАЦИИ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД МИХАЙЛОВСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО
РАЙОНА (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)****В.Л. Бочаров, Ю.Е. Вершинина, Л.Н. Строгонова***Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 30 июля 2014 г.

Аннотация: техногенная метаморфизация подземных вод в пределах горнопромышленного района является следствием функционирования Михайловского горнообогатительного комбината. В качестве основных загрязнителей водной среды выступают железо, марганец и другие тяжёлые металлы. Наиболее устойчивы к загрязнению воды девонского комплекса и воды апт-сеноманского горизонта нижнего-верхнего мела. В водах батского водоносного горизонта средней юры накопление железа выше предельно допустимого уровня связано с истощением ресурсного потенциала горизонта и подтоком загрязнённых вод из действующего карьера. Хвостохранилище комбината не представляет угрозы снижения качества подземных вод и окружающей среде в целом.

Ключевые слова: горнопромышленный район, техногенная метаморфизация, подземные воды, водоносные комплексы, водоносные горизонты, тяжёлые металлы, предельно допустимая концентрация.

**TECHNOGENIC METAMORFIZATION SIGNS OF UNDERGROUND WATERS
IN MIKHAYLOVSKY MINING AREA (KURSK REGION)**

Abstract: *technogenic metamorphisation of underground waters within the mining area is a consequence of the operation of the Mikhailovsky ore processing plant. The main water pollutants are the iron, manganese and other heavy metals. Most resistant to water pollution are Devonian complex waters and Aptian-Cenomanian horizon of the lower and upper cretaceous. In the waters of bath middle jurassic water horizon iron accumulation above the maximum permissible level is associated with the depletion of the resource potential of the horizon and the inflow of contaminated water from acting career. Tailings plant poses no threat to reduce groundwater quality and the environment in general.*

Key words: *mining region, technogenic metamorphisation, underground waters, water complexes, water horizon, heavy metals, the maximum permissible concentration.*

Введение

Целью данного исследования является изучение гидрогеологических условий Михайловского горнопромышленного района, оценка химического состава подземных вод по основным эксплуатационным горизонтам, а также выявление особенностей воздействия промышленных стоков и гидротехнических сооружений на водную среду. К настоящему времени накоплен обширный фактический материал по геологическому строению района, включающий результаты геолого-съёмочных, поисково-разведочных и эксплуатационных работ по Михайловскому железорудному месторождению, получены представительные данные специализированных гидрогеологических исследований [1–4].

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам геологического отдела Михайловского горнообогатительного комбината за оказание содействия в проведении исследований, постоянную помощь, ценные советы и конструктивные замечания.

Геологическое строение

В структурном отношении территория исследованной находится в пределах Воронежской антеклизы.

Геологическое строение района дано на основании легенды по стратиграфическому расчленению центра и юга Русской платформы, принятой на расширенном заседании бюро РМСК в 1998 г. [5].

В геологическом строении выделяются два структурных этажа. Нижний представлен породами архея и протерозоя; верхний – породами палеозоя, мезозоя и кайнозоя общей мощностью 200 – 600 м.

Архейский комплекс (AR) распространён по периферии территории и представлен вулканогенно-осадочными породами обоянской и михайловской серий. Общая мощность вскрытой части разреза михайловской серии – около 1200 метров.

Протерозойский комплекс (нижний карелий, PR₁) включает в себя преимущественно осадочно-метаморфические образования курской и оскольской серий – сланцы, кварциты, песчаники, алевриты. Курская серия разделена на три свиты: стойленскую, коробковскую и курбакинскую.

Девонские отложения (D) подразделяются на средний и верхний отделы (рис.1).

Средний отдел девонской системы представлен ряжским, клинцовским, мосоловским и черноморским горизонтами эйфельского яруса и старооскольским

надгоризонтом живетского яруса.

Верхний отдел девона представлен франским ярусом, а также нижним подъярусом фаменского яруса.

Юрские отложения (J) представлены средним и верхним отделами.

Батские отложения (J_{2bt}) представлены только континентальными образованиями.

Породы келловейского яруса (J_{2k}) имеют повсеместное распространение.

Волжский ярус (J_{3v}) представлен глинами песчаными и алевритами с прослоями мелкозернистых песков и сидеритовых песчаников (мощность до 2 – 10 м).

Отложения меловой системы (K) распространены повсеместно и разделяются на две толщи: нижнюю – терригенную и верхнюю – карбонатную. Нижняя толща охватывает отложения сеноманского яруса (K_{2s}); верхняя толща – туронского (K_{2t}), коньякского (K_{2k}) и сантонского (K_{2st}) ярусов.

Туронский ярус (K_{2t}) представлен мелом, в нижней части сильно опесчаненным.

Неогеновые отложения (N₂) имеют основное распространение в склонах речных долин и представлены маломощными песчано-глинистыми аллювиальными отложениями древних террас.

Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Индекс	Мощность в м	Характеристика пород	
Меловая	Верхний	Сантонский		K _{2st}	6-15	Опоки, трепелы, трепеловидные глины, мергели	
		Коньякский		K _{2k}	4-16	Мергели, опоки, трепелы, известковистые и глинистые	
		Туронский		K _{2t}	1-6	Мел белый пясчый, внизу песчаный	
		Сеноманский		K _{2s}	6-16	Пески зеленовато-серые, кварцевые, с глауконитом, с прослоями желваков фосфоритов	
		Альбский		K _{2al}	4-16	Пески, внизу грубозернистые, местами с желваками фосфоритов	
		Аптский		K _{2a}	4-8	Пески светло-серые, кварцевые, слюдяные, с линзами песчаников и глин	
	Нижний	Базарма-ский		K _{2br}	1-5	Алевриты темно-серые, слюдяные, глинистые	
		Готерув-ский		K _{2g}	2-12	Глины черные, песчаные, алевриты слюдяные	
		Валан-дский		K _{2v}	2-8	Глины зеленовато-серые, алевритистые, алевриты глинистые	
		Волжский		J _{3v}	2-10	Глины, алевриты темно-серые, песчаные, слабо карбонатные, песчаники	
		Келловей-ский		J _{2k}	15-36	Глины серые, пепельно-серые, коричневатые, карбонатные, внизу присутствуют пески, песчаники, известняки	
	Юрская	Средний	Батский		J _{2bt}	2-40 до 52	Пески, алевриты, глины светло-серые до бурых с растительными остатками, углистые
			Келловей-ский		J _{2k}	15-36	Глины серые, пепельно-серые, коричневатые, карбонатные, внизу присутствуют пески, песчаники, известняки
Девонская	Верхний	Франский	Нижний	D _{1ps-tm}	25-60	Пашийский и тиманский горизонты. Глины пестроцветные, плотные, алевритистые, алевриты, пески, песчаники	
				D _{1sr}	12-27	Саргаевский горизонт. Известняки, известняки глинистые, мергели, в основании глины	
				D _{1sm}	10-15	Семилуцкий горизонт. Известняки с прослоями мергелей и глин	
				D _{1pl}	1-8	Петинская свита. Глины, алевриты, алевролиты, песчаники, мергели	
			Верхний	D _{1vr}	12-20	Воронежский горизонт. Доломиты, известняки, мергели, песчаники, глины	
				D _{1ey-lv}	13-18	Евлановский и ливенский горизонты. Доломиты, известняки с прослоями глин, песчаников	
				D _{1ze-fe}	4-8	Елецкий и задонский горизонты. Пески с прослоями доломитов, глин	
				D _{1fa-me}	4-8	Елецкий и задонский горизонты. Пески с прослоями доломитов, глин	
	Средний	Живетский			D _{1mi}	7-17	Муллинский горизонт. Глины, алевриты, пески, алевролиты, песчаники
					D _{1ar}	15-30	Ардатовский горизонт. Глины аргиллитовидные, алевриты, глинистые известняки
					D _{1vb}	18-40	Воробьевский горизонт. Глины песчаные и алевритистые, пески, алевриты, алевролиты
					D _{1cr}	2-8	Черноярский горизонт. Глины с прослоями известняков и мергелей
					D _{1ms}	15-35	Мосоловский горизонт. Известняки глинистые с прослоями глин, в кровле и подошве глины карбонатные
Средний	Эйфельский			D _{1kl}	15-66	Клинцовский горизонт. Глины пестроцветные с прослоями доломитов, алевролитов, песчаников, песков	

Рис. 1. Стратиграфическая колонка осадочного чехла Михайловского горнопромышленного района [2].

Неоген-четвертичные отложения (Q-N₂) развиты практически повсеместно. Наибольшим распространением пользуются аллювиальные отложения пойм и надпойменных террас, покровные суглинки.

Гидрогеологическая стратификация

Территория работ находится в южной части Московского артезианского бассейна.

На основании анализа условий залегания и распространения выделены следующие гидрогеологические подразделения [5–7] (рис.2).

1. Водоносный современный аллювиальный горизонт (aIV).
2. Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт (a II-III).
3. Локально водоносный ниже-верхнечетвертич-

Зона/Эра	Стратиграфические подразделения							Гидрогеологические подразделения		Характеристика горизонта					
	Эра/Система/Отдел	Ярус, надгоризонт, горизонт	Индекс	Мощность (м)	Колонка	Индекс водоносного горизонта	Наименование горизонта Характеристика пород	Мощность (м)	Коэфф. фильтрации (м/сут)	Высота напора (м)	Уд. дебит (л/сек)	Минерализация (г/дм ³)	Гидрохим. тип воды		
Кайнозой	Четвертичная	Современный	aIV	3-12	[Суглинки]	aIV	Водоносный современный аллювиальный горизонт	3-12	0,07-2,6	6м	0,08-2	0,3-0,8	HCO ₃ CaMg		
		Высокий	aII-III	4-18	[Суглинки]	aII-III	Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт	до 16	0,2-2,6	6м	0,01-0,1	0,2-0,9	HCO ₃ (SO ₄) MgCa		
		Нижний	prI-III	30	[Суглинки]	prI-III	Локально водоносный ниже-верхнечетвертичный перигляциальный горизонт	8-12	0,1-0,5	6м	0,2-1,2	0,2-1,2	HCO ₃ Ca		
	Неогеновая	Плиоцен		aN ₂	0-8	[Суглинки]	aN ₂	Водоносный плиоценовый аллювиальный горизонт	0-8	0,47	6м	0,04	0,3	HCO ₃ MgCa	
			Верхний	Сантонский	K ₂ st	6-15	[Суглинки]	K ₂ st	Водоносный турон-сантонский терригенно-карбонатный горизонт. Мел, опоки, мергели	5-10	2-6	0-16	0,3-2,5	0,1-0,8	HCO ₃ CaMg HCO ₃ Ca(Na+K)
				Коньякский	K ₂ k	4-16	[Суглинки]								
				Туронский	K ₂ t	1-6	[Суглинки]								
				Сеноманский	K ₁ s	6-16	[Суглинки]	Ka-s	Водоносный апт-сеноманский терригенный горизонт. Пески с прослоями глин	15-20	5-10	0-10,5	0,2-0,6	0,1-0,6	HCO ₃ CaMg
				Альбский	K ₁ al	4-16	[Суглинки]								
				Аптский	K ₁ a	4-8	[Суглинки]								
Нижний	Барремский	K ₁ br	1-5	[Суглинки]	K ₁ b-a	Слабоводоносный берриасс-аптский терригенный комплекс. Глины, пески	2-35	0,1-0,2	6м	0,02-0,1	0,4	HCO ₃ CaMg			
	Готервийский	K ₁ g	2-12	[Суглинки]											
Юрская	Средний	Волжский	J ₂ v	2-10	[Суглинки]	J ₂ k	Водоупорный келловейский терригенный горизонт. Глины	25-35	-	-	-	-	-		
		Келловейский	J ₂ k	15-36	[Суглинки]										
		Батский	J ₂ bt	2-40	[Суглинки]										
Фанерозой	Верхний	Фламан	Задонско-елецкий	D ₂ zd-el	4-8	D ₂ ev-zd	Слабоводоносный евановско-задонский карбонатно-терригенный горизонт	25	0,2-0,8 до 2,7-18,5	-	0,8-10	0,2-0,5	HCO ₃ (Cl) MgCa		
			Ливенский	D ₂ lv	13									[Суглинки]	
			Евланский	D ₂ ev	18									[Суглинки]	
		Франский	Воронежский	D ₂ vr	12-20	[Суглинки]	D ₂ sr-sm	Водоносный саргавско-семилуцкий терригенно-карбонатный комплекс. Известняки, мергели, глины	16-40	2-5	-	2,8-3,3	0,4	HCO ₃ CaMg	
			Петинский	D ₂ pt	1-8	[Суглинки]									
			Семилуцкий	D ₂ sm	10-15	[Суглинки]									
			Саргавский	D ₂ sr	12-27	[Суглинки]									
			Тиманский	D ₂ tm	25-60	[Суглинки]									
			Пашийский	D ₂ ps	25-60	[Суглинки]									
			Муллинский	D ₂ ml	7-17	[Суглинки]									D ₂ cr
		Ардатовский	D ₂ ar	15-30	[Суглинки]										
		Воробьевский	D ₂ vb	18-40	[Суглинки]										
		Средний	Эльфийский	Черныорский	D ₂ cr	2-8	[Суглинки]	D ₂ ms	Водоносный мосоловский карбонатный горизонт. Известняки, мергели, глины	20	0,02-5	150	0,2-0,4	0,3-0,5 до 2,3-4,9	HCO ₃ Cl Na+K
				Мосоловский	D ₂ ms	15-30	[Суглинки]								
				Клинцовский	D ₂ kl	15-25	[Суглинки]								
Рязский	D ₂ rz			15-40	[Суглинки]										
Протерозой			PR ₁	> 2200	[Суглинки]	AR-PR	Слабоводоносная архей-протерозойская зона трещиноватых кристаллических и метаморфических пород. Маритимые пески, зоны трещин в сланцах, кварцитах, гранитоидах		0,002-2,3	250	0,15-0,5	0,5-0,6	HCO ₃ NaCa HCO ₃ Cl Na		

Рис.2. Схема гидрогеологической стратификации Михайловского горнопромышленного района [5].

ный перигляциальный горизонт (pГ-III).

4. Водоносный плиоценовый аллювиальный горизонт (aN₂).

5. Водоносный турон-сантонский терригенно-карбонатный горизонт (K₂t-st).

6. Водоносный апт-сеноманский терригенный горизонт (Ka-s).

7. Слабоводоносный (берриасс-аптский) терригенный комплекс (K₁b-a).

8. Водоупорный келловейский терригенный горизонт (J₂k).

9. Водоносный батский терригенный горизонт (J₂bt).

10. Слабоводоносный евланово-задонский карбонатно-терригенный горизонт (D₃ev-zd).

11. Водоносный воронежский карбонатно-терригенный горизонт (D₃vr).

12. Водоупорный петинский терригенный горизонт (D₃pt).

13. Водоносный саргаевско-семилуцкий терригенно-карбонатный комплекс (D₃sg-sm).

14. Слабоводоносный старооскольско-тиманский терригенный комплекс (Dst-tm).

15. Водоупорный черныорский терригенно-карбонатный горизонт (D₂cr).

16. Водоносный мосоловский карбонатный горизонт (D₂ms).

17. Водоносный рязский терригенный комплекс (D₂rz).

18. Слабоводоносная архей-протерозойская зона трещиноватых кристаллических и метаморфических пород (AR-PR).

Химический состав подземных вод

Химический состав подземных вод района приведен на основе 64 химических анализов, выполненных в лаборатории химико-аналитического центра ОАО «Михайловский ГОК» [8, 9].

Воды архей-протерозойской водоносного комплекса представлены 12 анализами проб, отобранных из 3

точек (трещин) в дренажной шахте. Воды классифицируются как сульфатно-хлоридные магниевые-кальциевые и относятся к умеренно жесткой, пресной (минерализация 0,3 г/дм³), щелочной активной реакции (среднее значение pH-7,2, табл. 1). Пробы подземных вод отобраны из зон тектонических нарушений в кристаллическом фундаменте, поэтому мутность превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) почти в 3 раза. Установлены высокие концентрации железа общего (до 0,63 мг/дм³), что более чем в пять раз превышает ПДК. Если все основные макрокомпоненты соответствуют норме, то этого нельзя сказать применительно к тяжелым металлам. Так, кроме железа превышение ПДК установлено для марганца (0,21 мг/дм³), титана (0,8 мг/дм³), кобальта (0,7 мг/дм³), свинца (0,005 мг/дм³). В количествах, не превышающих ПДК, присутствует медь (0,65 мг/дм³).

Воды среднедевонского водоносного комплекса (см. табл. 1) относятся к хлоридно-гидрокарбонатному магниевое-кальциевому типу, воды пресные (с минерализацией 0,32 мг/дм³), умеренно жесткие со средней карбонатной жесткостью – 2,9 Ж⁰, слабощелочные (pH = 7,5). Средние содержания металлов составляют: железа – 0,11 мг/дм³, меди – < 0,02 мг/дм³, марганца – < 0,01 мг/дм³, свинца – 0,002 мг/дм³, никеля – 0,005 мг/дм³, кобальта – 0,03 мг/дм³, титана – 0,03 мг/дм³. Величина окисляемости варьирует в пределах 0,60 – 0,70 мгО₂/дм³. Воды девонского комплекса по своему качеству пригодны для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении, поскольку соответствуют санитарным нормам и правилам по приведённому перечню показателей [2].

Воды юрского комплекса (батский водоносный горизонт) отнесены к гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридному кальциевое-магниевому типу (см. табл. 1). Воды пресные (со средней минерализацией 0,31 г/дм³), слабокислые (pH-7,24), умеренно жесткие (средняя жесткость 5,4 Ж⁰). Тяжелые металлы присутствуют в следующих количествах: марганец – 0,035 мг/дм³; медь < 0,02 мг/дм³, железо общее

Таблица 1

Основные показатели качества воды подкелловейских водоносных комплексов и горизонтов

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	ПДК	Архей-протерозойский комплекс	Девонский комплекс	Батский горизонт
1	Запах	баллы	2	0,1	0	1
2	Привкус	баллы	2	0,1	0	1
3	Цветность	градус	20	6,03	8,4	5,9
4	мутность	мг/дм ³	1,5	5,03	0,93	14,0
5	pH	Ед. pH	6,5-8,5	7,19	7,54	7,24
6	Окисляемость	мг/дм ³	5	1,16	1,50	1,39
7	Жесткость, общ.	Ж ⁰	7,0	5,36	2,9	5,39
8	Сухой остаток	мг/дм ³	1000	312,3	3,81	315,4
9	Марганец	мг/дм ³	0,1	0,04	<0,01	0,035
10	Медь	мг/дм ³	1,0	<0,02	<0,02	<0,02
11	Железо, общ.	мг/дм ³	0,3	0,79	0,11	2,72
12	Азот аммонийный	мг/дм ³	1,5	0,19	0,37	0,18
13	Хлориды	мг/дм ³	350	28,96	112	22,12
14	Сульфаты	мг/дм ³	500	50,7	3,8	36,60
15	Нитраты	мг/дм ³	45	0,47	<0,1	0,63
16	Фосфаты	мг/дм ³	3,5	<0,01	-	<0,01

значительно превышает ПДК (0,3 мг/дм³) и в среднем составляет 2,72 мг/дм³. Кроме того отмечено постоянное присутствие свинца (0,01 мг/дм³), кобальта (0,14 мг/дм³), титана (0,12 мг/дм³), азота аммонийного (0,18 мг/дм³), нитратов (0,63 мг/дм³) и спорадическое – фосфатов (< 0,01 мг/дм³). Воды батского водоносного горизонта из восстающих скважин дренажного комплекса используются исключительно для производственно-технических нужд, поскольку не соответствуют нормам хозяйственно-питьевого назначения [9].

Воды подкелловейского водоносного комплекса близки по химическим и физическим свойствам. Присутствие в водах батского горизонта и архей-протерозойского водоносного комплекса избыточных концентраций железа и превышение показателей по физическим свойствам (цветность, мутность) обусловлены, вероятно, вскрытием водомещающих от-

ложений горными выработками, приведшим к загрязнению водной среды.

Воды мелового комплекса (апт-сеноманский водоносный горизонт) относятся к гидрокарбонатно-кальциево-магниевому типу (табл. 2), воды пресные с минерализацией 0,4 – 0,5 мг/дм³, щелочные (7,5 ед. рН), жёсткие (7,5 – 7,8 Ж⁰). Концентрация общего железа находится на уровне ПДК или незначительно его превышает в отдельных эксплуатационных скважинах (до 0,54 мг/дм³). Кроме железа отмечается постоянное присутствие марганца (0,12 – 0,14 мг/дм³), титана (0,05 – 0,08 мг/дм³), свинца (0,003 мг/дм³), меди (0,15 мг/дм³), никеля (0,45 мг/дм³) и кобальта (0,3 – 0,4 мг/дм³). В ряде наблюдательных скважин, пробуренных на подземные воды апт-сеноманского горизонта, установлены взвешенные вещества, значительно превышающие установленные нормы (до 3,9 мг/дм³, табл. 3).

Таблица 2

Оценка качества воды апт-сеноманского водоносного горизонта (среднее по наблюдательным скважинам)

Ионы	мг/дм ³	моль/м ³	%-экв	Коэффициенты, характеристики	
1	Ca	83,97	4,19	56	0,04990
2	Mg	40,49	3,33	44	0,08224
Сумма катионов		124,46	7,52	100	
1	Cl	20,00	0,56	9	0,02820
2	SO ₄	22,00	0,46	7	0,02082
3	HCO ₃	319,71	5,24	81	0,01639
4	NO ₃	13,11	0,21	3	0,01613
Сумма анионов		374,82	6,47	100	
Минерализация					пресная
Жёсткость, общ.					жёсткая
Жёсткость, карбон.					
Жёсткость, некарбон.					
Водород. показат. рН					щелочная
Наименование воды				Хлоридно-гидрокарбонатная магниевая-кальциевая	

Таблица 3

Средние значения показателей качества воды апт-сеноманского водоносного горизонта (по данным из наблюдательных скважин и источников)

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	ПДК	Среднее по скважинам	Среднее по источникам
1	Цветность	градус	20	<5,0	<5,0
2	Мутность	мг/дм ³	1,5	1,46	0,56
3	Взвешенные в-ва	мг/дм ³	0,25	3,87	3,5
4	рН	Ед. рН	6,5-8,5	7,5	7,3
5	Окисляемость	мг/дм ³	5	0,91	0,94
6	Жсткость, общ	Ж ⁰	7,0	7,51	7,80
7	Сухой остаток	мг/дм ³	1000	388	482
8	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,1	0,03	0,03
9	Кальций	мг/дм ³		83,97	102,20
10	Магний	мг/дм ³		40,49	31,49
11	Железо, общ.	мг/дм ³	0,3	0,14	0,11
12	Азот аммонийный	мг/дм ³	1,5	0,23	0,38
Сумма катионов				124,6	133,8
14	Гидрокарбонаты	мг/дм ³		319,71	324,6
15	Хлориды	мг/дм ³	350	20,0	36,24
16	Сульфаты	мг/дм ³	500	22,0	20,87
17	Нитраты	мг/дм ³	45	13,11	30,12
18	Нитриты	мг/дм ³	3,3	0,02	0,03
19	Фосфаты	мг/дм ³	3,5	0,15	0,65
Сумма анионов				374,99	412,51

Таким образом, в подземных водах подкелловейских водоносных комплексов существенных изменений химического состава не установлено. Питьевые воды девонского комплекса более мягкие и менее минерализованы, чем грунтовые воды.

В водах батского водоносного горизонта зафиксированы некоторые превышения установленных норм по концентрации железа, что объясняется истощением запасов воды горизонта в районе карьера.

В водах архей-протерозойской комплекс установленны превышения ПДК тяжёлых металлов в 2 – 3 раза.

В пробах воды из наблюдательных скважин, оборудованных на апт-сеноманский водоносный горизонт, отмечены повышенная жёсткость (более 7 Ж^0) и превышающее ПДК количество взвешенных веществ.

Влияние хвостохранилища на окружающую среду

Поверхностные воды. В 1964 году в долине р. Песочной возведено хвостохранилище, и происходит его постепенное заполнение отходами обогатительной фабрики. За многолетний период произошла чёткая дифференциация физического состояния уложенных отходов в зависимости от их влажности, крупности, плотности. Определилась внешняя граница влияния хвостохранилища на прилегающую территорию. Установлены факторы воздействия накопителя на окружающую среду: изменение режима и химического состава поверхностных вод, изменение гидродинамического режима и питания грунтовых вод, загрязнение прилегающих почв и атмосферы выбросами пыли, наличие дренажа воды из сооружений накопителя в поверхностные водоёмы. Это в свою очередь вызывает трансформацию химического состава агроландшафтов. Значительное накопление вредных веществ ведёт к ухудшению гигиенической среды обитания [11, 12].

Вода хвостохранилища характеризуется повышенным содержанием ионов железа ($0,2 - 0,7 \text{ мг/дм}^3$), азотных соединений, сульфатов, нефтепродуктов и общей минерализации.

Сбрасываемые в поверхностные водоёмы воды после отстоя соответствуют санитарным нормам. В дренажных водах отмечается повышенная концентрация железа, азота аммонийного, сульфатов, сухого остатка и нефтепродуктов.

В районе хвостохранилища Михайловского горно-обогатительного комбината (ГОК) уровень подземных вод был поднят на 10 м после начала его строительства. К 90-м годам прошедшего столетия отмечена стабилизация техногенного воздействия хвостохранилища на грунтовые воды. За последние 20 – 25 лет уровенный режим грунтовых вод стабилизировался. Питание грунтовых вод происходит, в основном, за счёт инфильтрации атмосферных осадков.

В районе хвостохранилища комбината гидрогеологические наблюдения за уровнем грунтовых вод проводятся по 21 скважине, из которых 2 оборудованы на неоген-четвертичный водоносный горизонт и 19 – на апт-сеноманский водоносный горизонт, а также использовались скважины водозабора «Чернь».

В скважинах, оборудованных на апт-сеноманский

водоносный горизонт, отмечаются незначительные колебания уровня воды от $- 0,13$ до $+ 0,12$ м. Средний годовой уровень воды в хвостохранилище – $0,75$ м.

Самым крупным потребителем технической воды является промплощадка по переработке и обогащению бедных руд, потребность в воде которой в 2012 г. составила 308 млн м^3 .

Вся техническая вода на Михайловском ГОКе участвует в замкнутом обороте производственного процесса и используется многократно, что снижает влияние химических реагентов используемых при обогащении руды на состав поверхностных и подземных вод района.

Хвостохранилище в целом не оказывает существенного воздействия на водную среду. Уровень воды в хвостохранилище не влияет на уровень и химический состав подземных вод неоген-четвертичного и апт-сеноманского водоносных горизонтов.

Хвостохранилище и все входящие в него сооружения находятся в исправном техническом состоянии и не представляют угрозы окружающей среде (табл. 4).

Прогноз изменения состояния недр

Хозяйственно-питьевое и производственно-техническое потребление подземных вод. В связи с промышленным освоением Михайловского ГОКа был нарушен режим подземных вод. Строительство в районе горнопромышленного комплекса привело к формированию обширных и глубоких депрессионных воронок. Объёмы добычи на водозаборе «Погарщина» в среднем составлял $2,2 \text{ млн м}^3$ воды в год.

В 2012 году объём добычи на водозаборе «Погарщина» был превышен и достиг $2,7 \text{ млн м}^3$ воды. Суммарно с водоотливом карьера ($16,5 \text{ млн м}^3$) объём подземных вод, добываемых в районе, составил в отчётном году $19,2 \text{ млн м}^3$ воды, то есть не превысил средних показателей. За последние 13 лет не отмечено расширения депрессионной воронки.

Воды апт-сеноманского водоносного горизонта в районе интенсивно используются для питьевого снабжения населённых пунктов. По территории района они рассредоточены и не создают депрессионных воронок при отборе воды. Водозабор «Чернь» имеет линейно вытянутую форму и морфологически расположен на водораздельной части, что позволяет сократить нагрузку на водоносный горизонт при добыче воды. Объём откачки воды в период с 2008 по 2012 гг. находится в пределах $2,1 \text{ млн м}^3$ воды в год.

Объёмы забора воды на водозаборе «Очистные сооружения» в отчётный период был стабильным и соответствовал требованиям лицензий.

Режимная сеть. Распределение скважин режимной сети Михайловского горнопромышленного района по водоносным горизонтам крайне неравномерно. Сеть из 7 скважин, оборудованных для наблюдения за уровнем воды архей-протерозойской водоносной зоны, является недостаточно информативной. Сеть из 23 скважин, оборудованных на девонский водоносный комплекс, половина которых сосредоточена на площади водозабора «Погарщина», является для такого района недостаточной.

Таблица 4

Химический состав воды хвостохранилища за 2012 год

№ п/п	Название характеристики (компонента)	Единицы измерения	НДС	Поступление			Дренаж из плотины		
				Оборотная вода	Вода шахты	Очистные сооружения	Левое плечо	Правое плечо	Смешение створов
1	Водородный показатель pH	мг/дм ³	-	7,95	8,1	8,0	7,5	7,4	7,9
2	Взвешенные вещества	мг/дм ³	11,73	26,3	16,7	13,8	6,2	3,8	4,3
3	Сухой остаток при t=105 ⁰ C	мг/дм ³	1000	957	1020	468	1373	1211	1113
4	окисляемость	мг/дм ³	-	-	-	-	-	-	-
5	ХПК	мг/дм ³	-	11,6	13,1	-	11,0	10,9	10,5
6	БПК	мг/дм ³	2,31/3,47	1,4	1,5/2,24	1,26	1,2/1,9	1,2/1,8	1,23/1,84
7	Жёсткость, общ.	Ж ⁰	-	6,3	-	-	-	-	-
8	Жёсткость карб.	Ж ⁰	-	3,9	-	-	-	-	-
9	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,05	0,048	0,02	0,06	0,09	0,043
10	Фенолы		-	-	-	-	-	-	-
11	Хлориды	мг/дм ³	50,6	39,4	42,0	21	35,0	33,8	31,3
12	Сульфаты	мг/дм ³	271,9	246,4	226	77,9	450	352	273,6
13	Силикаты	мг/дм ³	-	-	-	-	-	-	-
14	Цианиды	мг/дм ³	-	-	-	-	-	-	-
15	Нитриты	мг/дм ³	0,08	1,1	0,67	0,26	0,027	0,031	0,03
16	Нитраты	мг/дм ³	40,0	64,8	46,0	5,38	0,92	0,79	2,1
17	Диоксины		-	-	-	-	-	-	-
18	Азот аммонийный	мг/дм ³	0,74/0,94	1,56	3,58/4,59	0,86	1,2	1,29	0,78/1,0
19	Железо общее	мг/дм ³	0,24	0,21	0,74	0,29	1,4	0,82	0,19
20	ПАВ	мг/дм ³	-	-	-	0,026	-	-	-
21	Амины алифатические	мг/дм ³	0,0003	<0,0003	-	-	-	-	<0,0003

Прогноз режима уровней водоносных горизонтов*Надкелловейский водоносный комплекс*

Техногенная верховодка в районе залегает первой от дневной поверхности и является самой незащищённой. Уровень воды зависит от сезонных климатических условий и действия откачек насосных установок из дренажных колодцов.

Апт-сеноманский водоносный горизонт в районе испытал наибольшую нагрузку и претерпел изменения в результате развития горной промышленности. Появление карьера в 1957 – 1964 гг. в междуречье рек Чернь и Речица стало первым фактором воздействия на режим грунтовых вод. Однако, когда в период 1964 – 1977 гг. были построены крупные водохранилища (р. Рясник, Песочная, Свапа, Речица, Погарщина), негативное влияние карьера было ослаблено. В период 1985 – 2012 гг. не отмечается воздействия хвостохранилища и других водохранилищ на гидродинамический режим меловых грунтовых вод.

Подкелловейский водоносный комплекс

Батский водоносный горизонт испытывает наибольшую нагрузку в районе, уровеньный режим его определяется работой подземного дренажного комплекса и характеризуется снижением по всей площади карьерного поля.

Среднедевонский водоносный комплекс наблюдается в районе системой скважин, оборудованных на мосоловский и ряжский водоносные горизонты, рас-

положенные в районе водозабора «Погарщина». На протяжении 20 – 25 лет отмечается волнообразный характер колебаний уровней воды в среднедевонском комплексе, чередующий понижения и повышения.

Водоносная зона архей-протерозойских трещиноватых метаморфических пород. Зона слабо изучена, наблюдения за режимом ведутся по 7 скважинам. Уровни воды в зоне интенсивно снижаются в северной и западной частях карьера.

Водоносные горизонты подкелловейского комплекса расположены на большой глубине от дневной поверхности и перекрыты многослойной толщей песчано-глинистых отложений. Гидрохимический режим подземных вод подкелловейского водоносного комплекса не изменился за время их эксплуатации.

Подземные воды апт-сеноманского водоносного горизонта относятся к средне защищённым. Покровные отложения продолжают служить надёжным фильтром для водоносного горизонта.

Нарушение гидродинамического режима подкелловейского водоносного комплекса не привело к заметному изменению гидрохимического состава.

На южном и восточном участках водозабора «Чернь» установлены повышенные значения жёсткости воды, которая обусловлена близостью и воздействием хвостохранилища. В районе между хвостохранилищем и водозабором «Чернь» рекомендуется пройти 2 профиля наблюдательных скважин за динамикой качественного состава воды.

Заключение

В результате исследований получены новые данные о химическом составе подземных вод основных водоносных горизонтов района и его трансформации в зоне влияния Михайловского горнопромышленного района.

В горнопромышленном районе для питьевого водоснабжения использовалась вода из водоносных комплексов: девонского, мелового и частично юрско-го.

Режимная сеть в отчётный период состояла из 175 наблюдательных скважин и охватывала все основные водоносные горизонты района. Сеть гидронаблюдательных скважин сосредоточена вокруг основных объектов горнопромышленного комплекса и не обеспечивает сбора достаточной информации на границе зоны существенного влияния разработки месторождения.

Режим надкелловейских водоносных комплексов можно считать установившимся, циклическим (сезонным) с амплитудой колебаний от 0,1 м до 2 – 3 м в год.

В связи с повышенным водоотбором на ряде водозаборов подземных вод уровень в 2012 году по сравнению с предыдущими годами испытал значительную амплитуду колебаний: в девонских отложениях – максимум до 20 – 21 м и в архей-протерозойской водоносной зоне максимум до 7,5 м.

На основе изучения подземных вод в горнопромышленном районе не установлено существенных колебаний химического состава. По физическим, бактериологическим, органолептическим, радиологическим свойствам вода на исследуемых водозаборах района также соответствует санитарным нормам.

В пробах воды из ряда скважин южного участка горнопромышленного района установлено повышенное значение жёсткости от 8,3 до 9,7 Ж⁰ (при ПДК=7,0 Ж⁰) и увеличение концентраций тяжёлых металлов, прежде всего, железа и марганца. В северной части горнопромышленного района жёсткость соответствует нормативным показателям, но повышенная концентрация тяжёлых металлов сохраняется. Установлена закономерность снижения значения жёсткости в направлении с юга на север.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочаров В.Л. Техногенная метаморфизация поверхностных и подземных вод в пределах железорудного горнодобывающего района / В.Л. Бочаров, И.И. Косинова // Современные проблемы экологического состояния геологической среды Украины. Тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Киев, 1995. – С. 105 – 107.

Воронежский государственный университет

Бочаров В.Л., доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrogeol@mail.ru Тел.: 8(473) 2- 208-980

Вершинина Ю.Е., аспирант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrogeol@mail.ru Тел.: 8(473) 2- 208-980

Строгонова Л.Н., кандидат географических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии E-mail: gidrogeol@mail.ru Тел.: 8(473) 2- 208-980

2. Бочаров В.Л. Гидрогеологические условия и оценка качества подземных вод Михайловского горнопромышленного района (Курская область) / В.Л. Бочаров, А.С. Посредников // Сборник научных статей «Использование и охрана водных ресурсов Центрально-Чернозёмного региона России». – Воронеж: ИПЦ Воронеж. ун-та, 2009. – С. 67 – 71.

3. Бочаров В.Л. Гидрогеологические условия Михайловского горнопромышленного района (Курская область) / В.Л. Бочаров, А.С. Посредников // Экологические аспекты региона: материалы V Межрегион. науч.- практ. конф. – Воронеж: ИПЦ Воронеж. ун-та, 2009. – С. 249 – 251.

4. Бочаров В.Л. Эколого-гидрогеологические условия территории КМА / В.Л. Бочаров, А.Н. Круговых // Высокие технологии в экологии. Труды 9-й Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: РЦ «Менеджер», 2006. – С. 71 – 76.

5. Принципы гидрогеологической стратификации и районирования территории России. Методические указания. – М.: МПР РФ, 1998. – 21 с.

6. Смирнова А.Я. Проблемы рационального недропользования и охрана геологической среды в регионе КМА / А.Я. Смирнова, В.Л. Бочаров, В.Н. Лазаренко, В.Н. Селезнёв // Вестник Воронеж. гос. ун-та Сер.: Геология. – 1998. – № 5. – С. 156 – 162.

7. Смольянинов В.М. подземные воды Центрально-Чернозёмного региона: Условия их формирования, использование / В.М. Смольянинов. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2003. – 240 с.

8. Круговых А.Н. Влияние техногенно развивающейся территории КМА на режим подземных вод / А.Н. Круговых // Проблемы экологии и экологической безопасности Центрального Черноземья РФ: материалы 9-й регион. науч.-практ. конф. Науч.-технич. журнал «Экология ЦЧО РФ». – Липецк: 2005. – № 2. – С. 91 – 92.

9. Посредников А.С. Основные особенности химического состава подземных вод / А.С. Посредников // Геологи XXI века: материалы X Всеросс. научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов. – Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2009. – С. 63 – 65.

10. Посредников А.С. Геоэкологическая оценка условий хозяйственно-питьевого водоснабжения Михайловского горнопромышленного района курской магнитной аномалии / А.С. Посредников // Экологическая геология: научно-практические, медицинские и экономико-правовые аспекты (в рамках Федерального проекта «Чистая вода»): материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2009. – С. 398 – 400 с.

11. Белоусова А.П. Экологическая гидрогеология / А.П. Белоусова, И.К. Гавич, А.Б. Лысенков, Е.В. Попов. – М.: Академкнига, 2007. – 397 с.

12. Болгов М.В. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения / М.В. Болгов, В.М. Мишон, Н.И. Сенцова. – М.: Наука, 2005. – 318 с.

Voronezh State University

Bocharov V.L., Doctor of Geology-Mineralogical Sciences, Professor, Head of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair

E-mail: gidrogeol@mail.ru Тел.: 8(473) 2- 208-980

Vershinina Y.E., Graduate student of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair;

E-mail: gidrogeol@mail.ru Тел.: 8(473) 2- 208-980

Strogonova L.N., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair

E-mail: gidrogeol@mail.ru Тел.: 8(473) 2- 208-980