

ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОМ ЖЕЛЕЗОРУДНОМ РАЙОНЕ (РЕГИОН КМА)

Е.И. Погорельцева, АО «Стойленский ГОК», Старый Оскол, Белгородская обл., Россия

Е.Ю. Потапова, ЗАО «Геолинк Консалтинг», Москва, Россия

В.В. Хаустов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Аннотация. Геологическая среда Старооскольско-Губкинского железорудного района региона КМА испытывает значительную техногенную нагрузку в связи с функционированием в его пределах крупнейших горнорудных предприятий, таких как Стойленский ГОК и Лебединский ГОК. Отработка железорудных месторождений сопровождается осушением водоносных горизонтов и складированием отходов обогащения в виде жидкой пульпы в гидротехнических сооружениях — хвостохранилищах. В результате этих процессов в районе сформировался нарушенный гидродинамический режим подземных вод, на который, с одной стороны оказывает влияние процесс осушения, а с другой — питание водоносных горизонтов за счет инфильтрации техногенных растворов из хвостохранилищ Стойленского и Лебединского ГОКов. В представленных исследованиях определены источники и пути негативного воздействия на гидрохимический режим подземных вод, выполнен анализ данных гидрохимического опробования скважин режимной сети Стойленского ГОКа, представлен прогноз загрязнения подземных вод в зоне влияния отмеченных объектов Стойленского и Лебединского ГОКов, выполненный «Геолинк Консалтинг» методом численного моделирования, проанализирована степень сходимости фактических и модельных данных.

Ключевые слова: подземные воды, водоносный горизонты, качество подземных вод, численное моделирование, миграция, хвостохранилище, гидрохимический режим.

STUDY OF GROUNDWATER POLLUTION FOR DRINKING PURPOSES IN THE STAROOSKOLSKO-GUBKINSKY IRON ORE DISTRICT (KMA REGION)

E.I. Pogoreltseva, Joint Stock Company «Stoilensky Mining and Processing Plant», Stary Oskol, Russia

E.Y. Potapova, Closed Joint Stock Company «Geolink Consulting», Moscow, Russia

V.V. Khaustov, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Abstract: The geological environment of the Starooskolsko-Gubkinsky iron ore district of the KMA region is experiencing a significant technogenic load due to the functioning of the largest mining enterprises within it, such as Stoilensky GOK and Lebedinsky GOK. Mining of iron ore deposits is accompanied by drainage of aquifers and storage of enrichment waste in the form of liquid pulp in hydraulic structures — tailings. As a result of these processes, a disturbed hydrodynamic regime of groundwater has formed in the area, which, on the one hand, is influenced by the drainage process, and on the other hand, the supply of aquifers due to the infiltration of man-made solutions from the tailings of the Stoilensky and Lebedinsky GOKs. In the presented studies, the sources and ways of negative impact on the hydrochemical regime of groundwater are identified, the data of hydrochemical testing of wells of the Stoilensky GOK regime network are analyzed, the forecast of groundwater pollution in the zone of influence of the marked objects of the Stoilensky and Lebedinsky GOKS is presented, performed by Geolink Consulting using numerical modeling, the degree of convergence of actual and model data is analyzed.

Keywords: groundwater, aquifers, groundwater quality, numerical modeling, migration, tailings storage, hydrochemical regime.

В результате анализа ранее выполненных работ и существующей гидрогеологической обстановки было выявлено, что основными источниками негативного воздействия на подземные воды района являются хвостохранилище Стойленского ГОКа, хвостохранилище Лебединского ГОКа, р. Осколец. В основании чаши хвостохранилищ отсутствуют региональные водоупорные слои, что создает условия для свободной инфильтрации техногенных вод в водоносные горизонты в пределах исследуемой территории [1,2].

Гидрогеологические условия исследуемого района характеризуются наличием двух водоносных комплексов: нижнего, приуроченного к верхней части трещиноватой зоны кристаллических пород, и верхнего, приуроченного к пескам и мело-мергельным отложениям мелового возраста. Водоносные комплексы разделены водоупорным слоем юрских глин. Нижний водоносный комплекс, в силу слабой обводненности, глубокого залегания и изолированности от верхнего водоносного комплекса, не оказывает заметного влия-

ния на гидродинамический режим и качественный состав вод верхнего водоносного комплекса.

Основные запасы подземных вод сосредоточены в верхнем водоносном комплексе, который включает взаимосвязанные гидравлически и регионально выдержанные водоносные горизонты альб-сеноманских песков и турон-маастрихтских мергельно-меловых отложений, которые представляют собой единую безнапорную систему общей мощностью 50–60 м с высокими фильтрационными свойствами. Важно отметить, что турон-маастрихтский водоносный горизонт полностью осушен в зоне влияния дренажных комплексов карьеров Стойленского и Лебединского горно-обогатительных комбинатов [3].

Наиболее значимым в части осушения является альб-сеноманский водоносный горизонт, представленный мелко- и среднезернистыми мощностью от 20 до 30 м, коэффициент фильтрации которых изменяется в пределах от 4,3 до 18,4 м/сут.

Действующие водозаборы хозяйственно-питьевого назначения г. Старый Оскол и г. Губкин, в основном, эксплуатируют альб-сеноманский водоносный горизонт. Исходя из того, что подземные воды в Старооскольско-Губкинском районе характеризуются высокой степенью техногенной нагрузки и подземные воды альб-сеноманского водоносного горизонта широко используются для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения близлежащих населенных пунктов, целесообразно выполнить адекватный прогноз процессов загрязнения подземных вод [4].

Цель исследований. Изучение загрязнения подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в Старооскольско-Губкинском железорудном районе (регион КМА).

Методика исследований

В приведенном научном исследовании был использован метод сравнительного анализа. На основе имеющихся данных гидрохимического опробования в скважинах режимной сети на территории АО «Стойленский ГОК» было проанализировано содержание маркирующего компонента в подземных водах на разных участках по отношению к источнику влияния. В качестве маркирующего компонента был выбран сульфат-ион. Также было проведено сравнение фактических данных с данными, полученными путем численного моделирования ходе решения эпигнозной задачи.

Результаты исследований

Анализ фактических результатов гидрохимического опробования в скважинах режимной сети Стойленского ГОКа

Согласно ранее выполненным исследованиям было выявлено, что одним из загрязняющих компонентов подземных вод в зоне влияния объектов АО «Стойленский ГОК» является сульфат-ион. Распространение сульфат-иона в подземных водах на исследуемой территории, вероятно, связано с проявлением гидрогеохимических процессов – взаимодействием подземных вод с попутными минералами-сульфидами, такими как пирит [5–7].

С целью сопоставления фактических и модельных данных, полученных «Геолинк Консалтинг», были проанализированы данные гидрохимического опробования в скважинах режимной сети за 2006, 2010, 2015, 2020, 2022 гг. на различных участках. Следует отметить, что в некоторые периоды опробование не проводилось в связи с отсутствием либо самих скважин, либо с выходом из строя некоторых точек опробования [8, 9].

Результаты опробования, а также площадное расположение скважин по отношению к хвостохранилищу СГОКа сведены в *табл. 1*. Изменение концентрации сульфат-иона во времени представлено на *рис. 1–4*.

Участок к северу

от хвостохранилища СГОКа

Участок представлен 7 точками опробования. На участке 5 скважин (10г, 10нв, 15г, 8нв, 9нв) оборудованы на турон-маастрихтский водоносный горизонт и 2 скважины (5н, 6н) на альб-сеноманский водоносный горизонт. На участке наблюдается тренд к росту концентрации сульфатов в 5 скважинах (10г, 10нв, 15г, 8нв, 6н). Однако площадь распространения загрязнения на севере территории ограничена, что подтверждает данные численного моделирования. Так, в скважине 3н (севернее скв. 5н) колебание концентрации сульфатов в исследуемый период составляло от 14 мг/л до 18 мг/л. В скважине 5н колебание за 5 летний период составило 2 мг/л. В скважине 6н отмечен рост концентрации загрязнения с 2015 по 2020 гг., что подтверждает модельные данные. По мере удаления точки опробования от хвостохранилища концентрация сульфат-иона в подземных водах уменьшается.

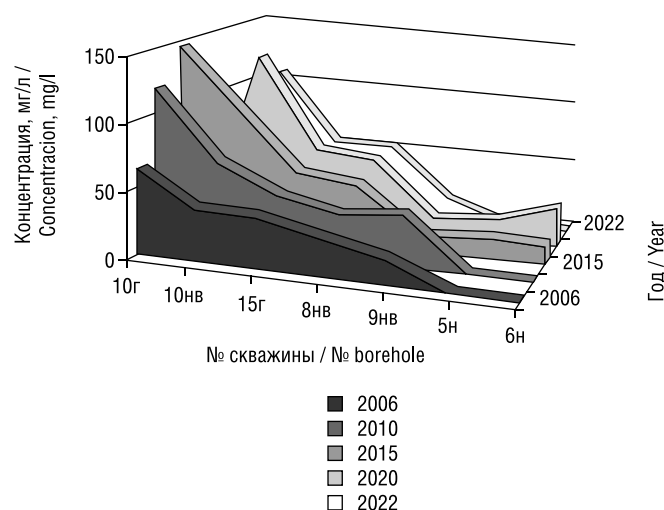


Рис. 1. Диаграмма изменения концентрации сульфат-иона на участке к северу от хвостохранилища /

Fig. 1. Diagram of changes in the concentration of sulfate ion in the area north of the tailings dump.

Участок к западу и юго-западу

от хвостохранилища СГОКа

Опробование исследовалось по 7 точкам: 4 скважины (2нв, 3нв, 4нв, 13нв) оборудованы на турон-маастрихтский водоносный горизонт и 3 скважины (12г, 7н, 10н) на альб-сеноманский водоносный горизонт.

Во всех точках опробования был выявлен рост концентрации сульфат-иона. Исключением является 2020–2022 гг. в скважинах 3нв, 4нв, 13нв, 12г, где наблюдается небольшой спад концентрации. Данные численного моделирования показали, что загрязнение на западе и юго-западе территории не будет иметь широкого распространения по площади. На настоящий момент в точках опробования отмечаются небольшие колебания концентрации компонента и, как отмечалось выше, в последние годы падение концентрации сульфат-иона.

Таблица 1 / Table 1

Изменение концентрации сульфатов в скважинах режимной сети СГОКа / Change in the concentration of sulfate ion in the regime boreholes of SGOK.

№ скважины/ № borehole	Водоносный горизонт/ Aquifer	Среднегодовое содержание SO ₄ ²⁻ , мг/л/Average annual content of sulfates, mg/l					Расстояние от скважины до хвостохранилища, м/ Distance from the well to the tail- ings dump, m
		2006	2010	2015	2020	2022	
		Участок к северу от хвостохранилища СГОК/ The area to the north of the tailings dump					
10 ^Г	Турон- маастрихтский/ Turonian- Maastrichtian	63	117	142			500
10 ^{НВ}		40	65	97	129	110	500
15 ^Г		38	44	50	59	55	500
8 ^{НВ}		30	34	45	54	56	1800
9 ^{НВ}		19	39	11	12	16	2500
5 ^Н	Альб-Сеноманский/ Alb-Cenomanian	-	-	14	16		3300
6 ^Н		-	-	14	30		2500
		Участок к западу и юго-западу от хвостохранилища СГОК/ The area to the west and southwest of the tailings dump					
2 ^{НВ}	Турон- маастрихтский/ Turonian- Maastrichtian	120	145	159	168		100
3 ^{НВ}		97	118	152	166	164	100
4 ^{НВ}		39	40	50	46		2300
13 ^{НВ}		64	68	80	83	57	750
12 ^Г	Альб-Сеноманский/ Alb-Cenomanian	29	34	48	48	38	870
7 ^Н		-	-	59	73	76	1000
10 ^Н		-	-	18	19	25	2300
		Участок к югу и юго-востоку от хвостохранилища СГОК/ The area to the south and southeast of the tailings dump					
5 ^{НВ}	Турон- маастрихтский/ Turonian- Maastrichtian	18	16	11	16	27	1500
6 ^{НВ}		27	25	18	30	21	1250
12 ^{НВ}		51	52	35	42	72	350
15 ^{НВ}		25	31	41	48	56	1000
8 ^Н	Альб-Сеноманский/ Alb-Cenomanian	-	-	79	82	84	400
9 ^Н		-	-	14	15	25	1500
		Участок к востоку от хвостохранилища СГОК / The site to the east of the tailings dump					
14 ^{НВ}	Турон- маастрихтский/ Turonian- Maastrichtian	103	101	127	120	128	50
19 ^{НВ}		30	52	61	86	86	2000
17 ^{НВ}		16	23	23	42		1700
18 ^{НВ}	Альб-Сеноманский/ Alb-Cenomanian	17	19	16	23	24	2700
20 ^{НВ}		18	19	23	33	38	2700

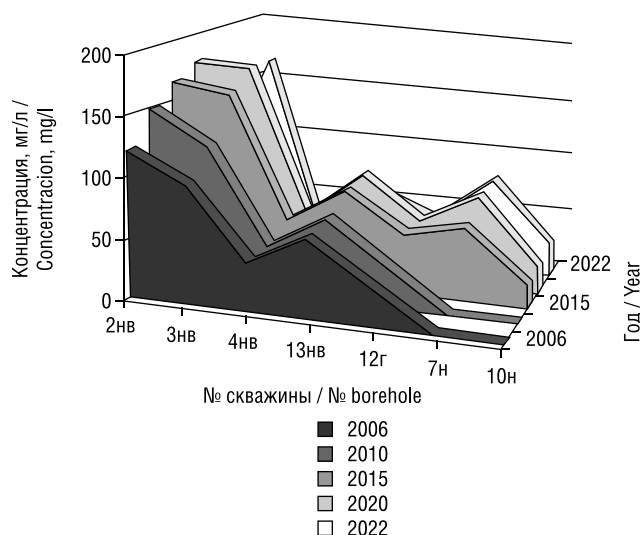


Рис. 2. Диаграмма изменения сульфат-иона на участке к западу и юго-западу от хвостохранилища / Fig. 2. Diagram of the sulfate ion change in the area to the west and southwest of the tailings dump.

Участок к югу и юго-востоку от хвостохранилища СГОКа

Опробование исследовалось по 6 точкам: 4 скважины (5^{НВ}, 6^{НВ}, 12^{НВ}, 15^{НВ}) оборудованы на турон-маастрихтский водоносный горизонт и 2 скважины (9^Н, 8^Н) на альб-сеноманский водоносный горизонт.

На участке, в целом, наблюдается смешанный характер распространения загрязнения. В скважинах 15^{НВ}, 9^Н, 8^Н наблюдается рост концентрации сульфат-иона. В начале исследуемого периода в скважинах 5^{НВ}, 6^{НВ}, 12^{НВ} наблюдается спад концентрации сульфат-иона к 2015 году, а затем снова его рост.

Численное моделирование показало, что в 2005-2010 гг. загрязнение на юге и юго-востоке территории не получило широкого распространения, однако в 2015-2020 гг. наблюдается увеличение площади загрязнения. Фактические данные показывают, что к 2015 году был спад концентрации в нескольких точках опробования, затем с 2015 по 2020 гг. прослеживается увеличение концентрации компонента.

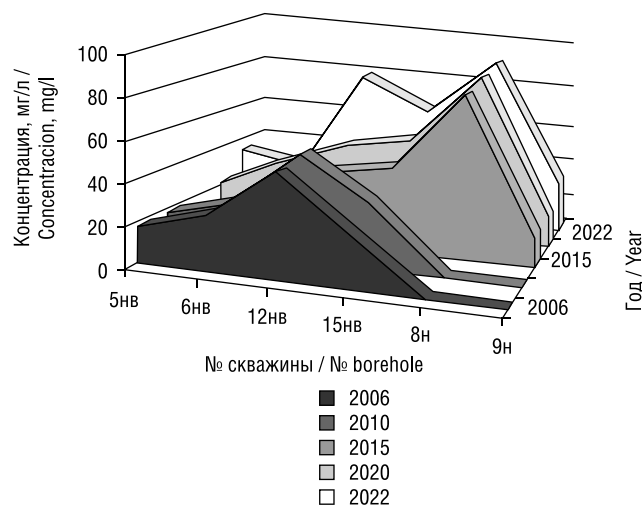


Рис. 3. Диаграмма изменения сульфат-иона на участке к югу и юго-востоку от хвостохранилища / Fig. 3. Diagram of the sulfate ion change in the area to the south and southeast of the tailings dump.

Участок к востоку от хвостохранилища СГОКа

Опробование исследовалось по 5 точкам: 3 скважины (14нв, 19нв, 17нв) оборудованы на турон-маастрихтский водоносный горизонт и 2 скважины (18нв, 20нв) на альб-сеноманский водоносный горизонт.

В скважинах 19нв, 17нв, 20нв зафиксирован рост концентраций сульфатов. В скважине 14нв, 18нв рост концентрации носит эпизодический характер. В целом изменения в концентрации носят незначительный характер.

При сопоставлении данных численного моделирования можно отметить, что загрязнение будет распространяться на востоке территории. В скважинах 18нв и 20нв загрязнение достигнет к 2025 году. Анализ фактических данных выявил рост концентрации загрязнения в скважине 20нв с 2010 года. При этом в скважинах, в которых наблюдается тренд роста концентрации загрязнения, изменение величины концентрации незначительно. Исходя из вышеперечисленного, наблюдается некоторое отклонение фактических и модельных данных.

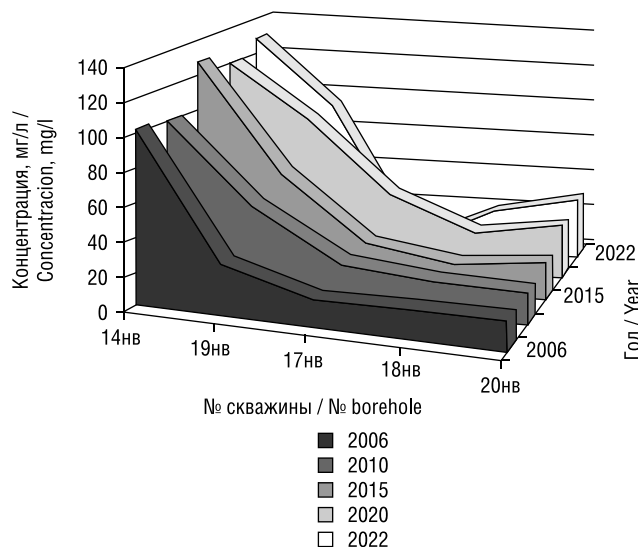


Рис. 4. Диаграмма изменения сульфат-иона на участке востоку от хвостохранилища / Fig. 4. Diagram of the sulfate ion change in the area east of the tailings dump.

Методика и результаты прогноза загрязнения подземных вод и его влияния на эксплуатацию водозаборов подземных вод

Прогноз изменения качества подземных вод был осуществлен методом численного моделирования гидрогеологических процессов. Для моделирования массопереноса использован алгоритм MT3DMS, который включен в комплекс программных средств ModTech 3.0, разработанный компанией «Геолинк Консалтинг».

Миграционная модель построена на основе ранее выполненной «Геолинк-Консалтинг» геофильтрационной модели с детальной разбивкой области моделирования на блоки (100×100 м).

Для формирования миграционной модели были построены карты абсолютных отметок кровли всех водоносных горизонтов и разделяющих толщ слабопроницаемых отложений. Геолого-структурная модель территории, используемая для решения, представлена на рис. 5 (см. цветную вклейку на стр 48).

Зоной загрязнения принята область, ограниченная изохронами распространения потоков подземных вод по расчетным линиям тока с концентрацией 0.5.

Задача миграции загрязнения решалась в два этапа:

1) На первом этапе решается эпигнозная миграционная задача. Для этого использовалось решение обратной стационарной геофильтрационной задачи и, в частности, расходов потоков подземных вод между блоками модельной сетки (в плане и разрезе). В процессе решения миграционной задачи воспроизводилось формирование области загрязнения подземных вод (в плане и разрезе) за период с начала эксплуатации хвостохранилища (1972 г.) до настоящего времени.

На рис. 6 (см. цветную вклейку на стр 48) показано продвижение загрязнения во времени (с 1973 по н.в.). По данным эпигнозного моделирования к 2022 г площадь распространения потенциального загрязнения составила: в четвертичном водоносном горизонте — от хвостохранилища Лебединского ГОКа — 20.4 км², от хвостохранилища Стойленского ГОКа — 10.0 км², от р. Осколец — 8.7 км². В турон-маастрихтском водоносном горизонте площадь загрязнения от хвостохранилища Лебединского ГОКа составила 30,9 км², от хвостохранилища Стойленского ГОКа — 31.7 км², от р. Осколец — 11.0 км². В альб-сеноманском водоносном горизонте от хвостохранилища Лебединского ГОКа загрязнение составило 36.2 км², от хвостохранилища Стойленского ГОКа — 46.3 км², от р. Осколец — 9.7 км². В нижележащие горизонты загрязнение практически не распространилось.

2) На втором этапе решалась прогнозная миграционная задача. Для этого использовалось решение прогнозной стационарной геофильтрационной задачи.

В процессе решения воспроизводилось дальнейшее развитие области загрязнения (в плане и разрезе) при прогнозном изменении водохозяйственной обстановки на территории. Объекты, являющиеся источниками потенциального загрязнения подземных вод, показаны на рис. 6.

Масштабы развития вероятного загрязнения в Старооскольском промрайоне по результатам решения эпигнозной и прогнозной миграционной задач представлены в табл. 2.

Модельное решение заключалось в определении площадей ореолов потенциального загрязнения подземных вод по всем водоносным горизонтам загрязнения на 2045 г.

Таблица 2 / Table 2

Масштабы развития загрязнения подземных вод / Development of groundwater pollution.

Источник загрязнения / Source of pollution	на 2022 год/ 2022 year					на 2045 год/2045 year				
	площадь, км²/ area	расстояние от контура от-до к, км/ distance from-to the contour				площадь, км²/ area	расстояние от контура от-до к, км / distance from-to the contour			
		ю	с	в	з		ю	с	в	з
первый от поверхности водоносный горизонт/ quaternary aquifer										
Хвостохранилище Лебединского ГОКа/ tailing dump of Lebedinsky GOK	20,4	0.1-0.7	0.1-0.3	0.3-0.6	0.2-0.7	28,5	0.1-0.9	0.3-0.7	0.4-0.8	0.4-1.0
Хвостохранилище Стойленского ГОКа/ tailing dump Stoilensky GOK	10,0	0.1-0.5	0.1-0.4	0.-1.5	0-1.2	18,0	0.3-0.8	0.1-0.4	0.1-1.7	0-1.2
р.Осколец/r. Oskolets	8,7	0.3-1	0.1-0.6			9,6	0.3-1.4	0.1-0.7		
пруд-отстойник/ settling basin	0,6	0.3-0.5	0.1-0.2	0.2-0.4	0.1-0.2	0,7	0.3-0.5	0.1-0.2	0.2-0.6	0.1-0.2
турон-маастрихтский водоносный горизонт/ turonian- maastrichtian aquifer										
Хвостохранилище Лебединского ГОКа/ tailing dump of Lebedinsky GOK	30,9	0.5-1.0	0-0.4	0.5-1.5	0.1-1.3	68,1	2.4-3.6	1.6-3.1	1.2-1.6	0.6-2.4
Хвостохранилище Стойленского ГОКа/ Stoilensky GOK	31,7	1.0-1.5	0.3-1.5	0.7-2.7	0.1-1.2	48,9	1.3-1.9	1.8-3.4	3.4-3.	0.8-1.6
р.Осколец/r Oskolets	11,0	0.2-1.7	0.1-0.9			13,5	0.2-2.4	0.1-0.7		
пруд-отстойник/ settling basin	0,7	0.3-0.4		0.3-0.7	0,1	0,7	0.1-0.3		0.4-1	0,1
альб-сеноманский водоносный горизонт/alb-cenomanian aquifer										
Хвостохранилище Лебединского ГОКа/ tailing dump of Lebedinsky GOK	36,2	0.5-1.2	1.5-2.6	0.1-0.6	0.8-1	84,0	2.1-2.3	3.2-3.5	1.4-1.7	1.8-2.3
Хвостохранилище Стойленского ГОКа/ Stoilensky GOK	46,3	0.3-1.5	2.5-3.5	2.0-3.3	0.5-1.5	85,1	1.5-2.6	3.4-3.8	4.1-4.5	1.2-1.8
р.Осколец/r Oskolets	9,0	0.5-1.5	0.1-0.3			13,8	0.5-2.2	0.1-0.3		

На этом этапе в качестве начальных условий принимаются концентрации во всей расчетной области по всем водоносным горизонтам, полученные при решении эпигнозной миграционной задачи.

На рис. 6 приведено продвижение загрязнения во времени вплоть до 2045 г.

По результатам прогнозного моделирования к 2045 г площадь загрязнения по альб-сеноманскому водоносному горизонту составила: от хвостохранилища Лебединского ГОКа — 84.0 км², от хвостохранилища Стойленского ГОКа — 85.1 км², от р. Осколец — 13.8 км². Нижезалегающие водоносные горизонты загрязнение практически не затронуло [10-13].

Заключение

Производственная деятельность горнодобывающих предприятий в Старооскольско-Губкинском регионе оказывает существенное негативное влияние на окружающую природную среду. К основным очагам техногенного воздействия, в частности, на гидрогеологические условия района, относятся: дренажные комплексы карьеров и хвостохранилища, а также водозаборы подземных вод [14-16].

Активное функционирование отмеченных производственных объектов привело к образованию депрессионных воронок в основных водоносных горизонтах, сокращению поверхностного стока, ухудшению качества поверхностных и подземных вод (особенно альб-сеноманского водоносного горизонта, который является основным эксплуатируемым водоносным горизонтом. В этой связи, результаты проведенных прогнозных миграционных расчетов представляются весьма полезными в контексте планирования и разработки природоохранных мероприятий, направленных на снижение техногенной нагрузки на природные комплексы исследуемого района и, в первую очередь, гидросферы [17-18].

В целом, сопоставление фактических данных и результатов эпигнозного моделирования показало актуальность выполненного прогноза загрязнения подземных вод, что дает основание считать результаты решения прогнозной миграционной задачи верными при условии сохранения существующих гидродинамического и гидрохимического режимов, а также источников техногенного воздействия [19-21].

Выводы

1. В статье приведены результаты исследований влияния горнопромышленного техногенеза на подземные воды хозяйственно-питьевого назначения в Старооскольско-Губкинском железорудном районе (регион КМА).

2. Выявлено, что в течение прогнозного периода (вплоть до 2045 г.) отсутствует непосредственная угроза загрязнения подземных вод питьевого качества, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Губкин и Старый Оскол и прочих населенных пунктов исследуемого района.

3. Решение прогнозной миграционной задачи подтвердило, что нарушение гидродинамического режима подземных вод (развитие дренажной системы карьеров), увеличение водоотбора подземных вод действующими водозаборами, наращивание площадей и объемов хвостохранилищ приводит к интенсификации и скорости распространения загрязнения подземных вод.

4. При этом весьма важным представляется проведение систематического гидрогеохимического и гидрогеодинамического обследования эксплуатируемых водоносных горизонтов и поверхностных водоемов и водотоков, для чего необходимо создание и развитие сети наблюдательных скважин и водопунктов с организацией соответствующих детальных режимных наблюдений в них. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Погорельцева Е.И., Мелкумов Д.Н. Гидрогеохимические особенности альб-сеноманского водоносного горизонта в зоне влияния на него хвостохранилища Стойленского ГОКа // Альманах Пространство и Время. 2019 Т.17(1).С. 29-31.
2. Погорельцева Е.И. Оценка техногенного влияния горнопромышленного производства на качественный состав подземных вод альб-сеноманского водоносного горизонта на предприятии ОАО «Стойленский ГОК»//14-я международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». Тезисы докладов.2019. Том III. С. 209-2012.
3. Кравчук Т.Н., Сергеев С.В. Прогноз загрязнения подземных вод при разработке железорудных месторождений КМА методами численного моделирования //Научные ведомости, 2012. № 15 (134). С. 168-172.
4. Петин А.Н., Крамчанинов Н.Н., Погорельцев И.А., Уколов И.М. Оценка техногенного воздействия на подземные воды в зоне влияния Старооскольско-Губкинского промышленного комплекса // Известия Самарского научного центра РАН.2013. №3(3).С. 949-953.
5. Pogoreltseva E. I., Zaitsev D. A., Khaustov V. V. The transformation of the composition of the groundwater in the area of high technogenic load mining productions //19 International multidisciplinary scientific conferences SGEM. 2019. №19. P. 541-548.
6. Хаустов В.В., Костенко В.Д., Лушников Е.А. Гидрогеохимические особенности гидrolитосферы Курского района КМА //Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2011. № 2. С. 105-114.
7. Хаустов В.В., Костенко В.Д., Яровая В.А., Сначёв К.Н. О воздействии на подземные воды в пределах одной из промышленно-селитебных агломераций г. Курска // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 5 (50). С. 236-242.
8. Гензель Г. Н., Еланцева Л. А. и др. Ведение геоэкологического мониторинга подземных и поверхностных вод в зоне влияния объектов Стойленского ГОКа. Проведение и выполнение полевых, камеральных и химико-аналитических работ. Составление квартальных и годового отчетов по результатам мониторинга. Белгород: ООО НТЦ «НОВОТЭК», 2022 .181 с.
9. Кравчук С.В., Квачев В.Н. Изучение гидрохимического режима и источников загрязнения подземных вод в зоне влияния объектов Лебединского ГОКа. Белгород: ООО ВНОГЕМ, 1993.146 с.
10. Потапова Е.Ю., Доразведка (переоценка) запасов дренажных подземных вод технического назначения Стойленского МПВ, расположенного в Старооскольском районе Белгородской области, с целью выделения запасов питьевого назначения. Москва: ЗАО Геолинк-Консалтинг, 2020. 385 с.
11. Димитриенко Ю. И., Богданов И. О. Многомасштабное моделирование процессов фильтрации в пористых средах // Инженерный журнал: наука и инновации. 2018. № 3(75).С. 19-24.
12. Курбонов Н. М., Аминов С. М. Численное моделирование процесса фильтрации жидкостей и газа в пористой среде // Информационные технологии моделирования и управления. 2019. № 3(117). С. 196-206.
13. Ковалевский В. С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. Москва: Наука, 1994. 138 с.
14. Daliev S., Abdullaeva B., Kubyasev K., Abdullaev O. Numerical study of filtration process of ground and pressure waters in multilayer porous media // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 896. 012069. DOI: 10.1088/1757-899X/896/1/012069
15. Anderson M. P., Woessner W. W., Hunt R. J. Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport. 2nd ed. Amsterdam : Elsevier, 2015. 630 p.
16. Bastian P., Kraus J., Scheichl R., Wheeler M. Simulation of Flow in Porous Media Applications in Energy and Environment. Radon Series on Computational and Applied Mathematics. Berlin : De Gruyter, 2013. Vol. 12. - 222 p.
17. Бочаров В.Д. Влияние горнодобывающих предприятий на подземные воды Старооскольско-Губкинского района КМА // Вестник ВГУ. 2017 №4. С. 95-99.
18. Косинова И.И., Бочаров В.Л. Некоторые аспекты формирования природно-технической системы г. Старый Оскол// Фундаментальные прикладные проблемы охраны окружающей среды. Тезисы докл. Междунар.конф. 1995. № 5. С. 51-52.
19. Смирнова А. Я., Бочаров В. Л., Лазаренко В.Н. Проблемы рационального недропользования и охраны геологической среды в регионе КМА // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология. 1998-№5. С. 156-162.
20. Корнилов И. А., Колмыков С. Н., А. Н. Петин. Оценка степени воздействия горнодобывающих предприятий КМА на гидроэкологическую ситуацию Белгородской области // Горный журнал. 2012. №9. С. 29-31.
21. Еланцева Л.А., С.В. Фоменко, А.Ю. Афанасьев. Прогнозирование гидродинамических условий в зоне влияния Стойленского ГОКа // Горный журнал .2022. №11. С. 24-28.

REFERENCES

1. Pogoreltseva E.I., Melkumov D.N. Hydrogeochemical features of the Albion-Cenomanian aquifer in the zone of influence of the Stoilensky GOK tailings dump on it // Almanac Space and Time. 2019 Vol.17(1). pp. 29-31.
2. Pogoreltseva E.I. Assessment of the technogenic impact of mining production on the qualitative composition of groundwater of the Albion-Cenomanian aquifer at the Stoilensky GOK OJSC enterprise//14th International Scientific and Practical Conference «New ideas in Earth Sciences». Abstracts of reports.2019. Volume III. pp. 209-2012.
3. Kravchuk T.N., Sergeev S.V. Forecast of groundwater pollution in the development of iron ore deposits of KMA by numerical modeling methods //Scientific Bulletin, 2012. No. 15 (134). pp.168-172.
4. Petin A.N., Kramchaninov N.N., Pogoreltsev I.A., Ukolov I.M. Assessment of technogenic impact on groundwater in the zone of influence of the Starooskolsko-Gubkin industrial complex // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.2013. No.3(3).pp. 949-953.
5. Pogoreltseva E.I., Zaitsev D.A., Khaustov V.V. The transformation of the composition of the groundwater in the area of high technogenic load mining productions //19 International multidisciplinary scientific conferences SGEM.2019. No.19. P.541-548.
6. Khaustov V.V., Kostenko V.D., Lushnikov E.A. Hydrogeochemical features of the hydrolithosphere of the Kursk region of the KMA //Proceedings of the Southwestern State University. Series: Engineering and Technology. 2011. No. 2. pp. 105-114.

7. Khaustov V.V., Kostenko V.D., Yarovaya V.A., Snachev K.N. On the impact on groundwater within one of the industrial and residential agglomerations of Kursk // Proceedings of the Southwestern State University. 2013. No. 5 (50). pp. 236-242.
8. Hansel G. N., Elantseva L. A. et al. Conducting geoecological monitoring of underground and surface waters in the zone of influence of objects of Stoilensky GOK. Conducting and performing field, desk and chemical analytical work. Preparation of quarterly and annual reports on the results of monitoring. Belgorod: LLC STC «NOVOTEK», 2022. 181 p.
9. Kravchuk S.V., Kvachev V.N. Study of the hydrochemical regime and sources of groundwater pollution in the zone of influence of Lebedinsky GOK facilities. Belgorod: VIOGEM LLC, 1993. 146 p.
10. Potapova E.Y., Additional exploration (reevaluation) of reserves of drainage groundwater for technical purposes of the Stoilensky MPV, located in the Starooskolsky district of the Belgorod region, in order to allocate reserves for drinking purposes. Moscow: Geolink-Consulting CJSC, 2020. 385 p.
11. Dimitrienko Yu. I., Bogdanov I. O. Multiscale modeling of filtration processes in porous media // Engineering Journal: Science and Innovation. 2018. № 3(75). Pp.19-24.
12. Kurbonov N. M., Aminov S. M. Numerical modeling of the filtration process of liquid and gas in a porous medium // Information technologies of modeling and control. 2019. No. 3(117). pp. 196-206.
13. Kovalevsky V. S. Influence of changes in hydrogeological conditions on the environment. Moscow: Nauka, 1994. 138 p.
14. Daliev S., Abdullaeva B., Kubyasev K., Abdullaev O. Numerical study of filtration process of ground and pressure waters in multilayer porous media // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 896. 012069. DOI: 10.1088/1757-899X/896/1/01206915. Anderson M. P., Woessner W. W., Hunt R. J. Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport. 2nd ed. Amsterdam : Elsevier, 2015. 630 p.
16. Bastian P., Kraus J., Scheichl R., Wheeler M. Simulation of Flow in Porous Media Applications in Energy and Environment. Radon Series on Computational and Applied Mathematics. Berlin : De Gruyter, 2013. Vol. 12. - 222 p.
17. Bocharov V.D. The influence of mining enterprises on the groundwater of the Starooskolsko-Gubkinsky district of the KMA // Bulletin of the VSU. 2017 No. 4. pp.95-99.
18. Kosinova I.I., Bocharov V.L. Some aspects of the formation of the natural-technical system of Stary Oskol // Fundamental applied problems of environmental protection. Abstracts of the dokl. International Conference 1995. No. 5. pp. 51-52.
19. Smirnova A.Ya., Bocharov V.L., Lazarenko V.N. Problems of rational subsoil use and protection of the geological environment in the KMA region // Vestn. Voronezh. state University. Ser.: Geology. 1998-No. 5. pp.156-162.
20. Kornilov I.A., Kolmykov S.N., A.N. Petin. Assessment of the impact of mining enterprises of the KMA on the hydroecological situation of the Belgorod region // Mining magazine. 2012. No.9. pp. 29-31.
21. Elantseva L.A., S.V. Fomenko, A.Yu. Afanasyev. Forecasting of hydrodynamic conditions in the zone of influence of Stoilensky GOK // Mining Journal. 2022. No. 11. pp. 24-28.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Погорельцева Екатерина Ивановна:

аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия,
e-mail: ekaterina.pogoroltzeva@yandex.ru

Потапова Евгения Юрьевна:

кандидат геолого-минералогических наук,
Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,
ведущий гидрогеолог, ЗАО «Геолинк Консалтинг»,
г. Москва, Россия,
e-mail: potapova081962@mail.ru

Хаустов Владимир Васильевич:

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия,
e-mail: okech@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pogoreltseva Ekaterina Ivanovna:

postgraduate student,
Belgorod State National Research University,
Belgorod, Russia,
e-mail: ekaterina.pogoroltzeva@yandex.ru

Potapova Evgeniya Yurievna:

candidate of geologo-mineralogical sciences,
Lomonosov Moscow State University,
leading hydrogeologist, «Geolink Consulting»,
Moscow, Russia,
e-mail: potapova081962@mail.ru

Khaustov Vladimir Vasilyevich:

doctoral candidate of geologo-mineralogical sciences,
Belgorod National Research University,
Belgorod, Russia,
okech@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION: *Погорельцева Екатерина Ивановна* — написание текста статьи, анализ результатов исследования, выполнение работы по систематизации материала; *Потапова Евгения Юрьевна* — написание текста статьи, проведение эксперимента, получение данных для анализа; *Хаустов Владимир Васильевич* — генерация идеи исследования / *Pogoreltseva Ekaterina Ivanovna* — writing the text of the article, analyzing the results of the study, performing work on the systematization of the material; *Potapova Evgeniya Yurievna* — writing the text of the article, conducting an experiment, obtaining data for analysis; *Khaustov Vladimir Vasilyevich* — generating a research idea.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.