

DOI 10.21672/2077-6322-2021-81-2-068-073

ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛЕБЕДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Московцева Дарья Александровна, аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Кичигин Евгений Вячеславович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Проблема защиты подземных вод от загрязнения является в настоящее время важной составной частью экологических изысканий. Крупные масштабы дренажных работ и эксплуатация промышленных объектов приводят к существенным изменениям и нарушению естественного режима подземных вод. Мониторинг состояния водных ресурсов является актуальной задачей. Целью является разработка геофильтрационной модели, которая позволит детально спрогнозировать условия формирования фильтрационного потока, уровень, количество запасов и качественный состав подземных вод в зоне влияния Лебединского месторождения и на прилегающей территории. Метод комплексного обоснования оптимальной схемы прогнозирования с помощью созданной модели. Представлены результаты изучения состояния подземных вод до начала Лебединского месторождения и после. Выявлено, что нарушенный режим подземных вод в районе расположения карьера АО «Лебединский ГОК» и на прилегающей территории зависит от дренажной системы Лебединского карьера. Для прогноза воздействия системы осушения на подземные воды создана геофильтрационная модель, которая позволила детально спрогнозировать условия формирования фильтрационного потока в зоне влияния карьера. Прогнозируется незначительное снижение уровней подземных вод на прилегающей территории, а также, не прогнозируется снижение запасов подземных вод водозаборов «PCY» на альбсеноманском водоносном горизонте, находящихся в зоне влияния дренажной системы карьера. Расширение эксплуатационных работ не приведет к изменению качественного состава подземных вод.

Ключевые слова: состояние подземных вод, система осушения, геофильтрационная модель, Лебединское месторождение, прогнозные расчеты

GEOFILTRATION MODELING AND CHARACTERIZATION OF THE LEBEDINSKY UNDERGROUND WATER

Moskovtseva Darya A., postgraduate, Belgorod National Research University, 85 Pbedy St., Belgorod, 308015, Russian Federation

Kichigin Evgeniy V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences Associate Professor, Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russian Federation

Topicality: The problem of groundwater protection from pollution is nowadays an important part of environmental surveys. Due to the fact that the large scale of drainage works aimed at providing normal conditions for construction and operation of open pits lead to significant changes and disturbance of the natural regime of groundwater, monitoring of the state of water resources is an urgent task. *Purpose:* The purpose is to predict the impact of drainage system on groundwater, the development of a geofiltration model, which will allow to predict in detail the conditions of formation of filtration flow, level, quantity of reserves and quality composition of groundwater in the zone of influence of the quarry and the surrounding area. *Method:* Method of complex substantiation of optimal forecasting scheme with the help of created model. *Results of the work:* The results of the study of the state of groundwater before the Lebedinsky deposit and after. It was revealed that disturbed groundwater regime in the area of JSC Lebedinsky GOK pit location and in the adjacent territory depends on the Lebedinsky pit drainage system. To predict the impact of the drainage system on groundwater together with "Tsentrogiproruda" was created geofiltration model, which allowed a detailed prediction of the conditions of filtration flow formation in the zone of influence of the quarry. *Conclusions:* A slight decrease in groundwater levels in the area of the quarry and in the adjacent territory, as well

as a decrease in groundwater reserves of "RSU" water intakes on the Albian-Cenomanian aquifer, which is in the zone of influence of the drainage system of the quarry, is predicted. Expansion of the quarry and the development of dumps will not lead to a change in the quality composition of groundwater.

Keywords: groundwater condition, drainage system, geofiltration model, Lebedinskoye field, forecast calculations

Крупные масштабы дренажных работ, направленных на обеспечение нормальных условий строительства и эксплуатации карьеров приводят к существенным изменениям природных условий, в частности к нарушению естественного режима подземных вод, которое нередко проявляется в региональном масштабе.

Характерным примером наиболее резких изменений естественного режима подземных вод, вызванных строительством и эксплуатацией горнодобывающих предприятий, является дренаж при разработке Лебединского месторождения КМА.

Система дренажа обеспечивает нормальные условия работы горного и транспортно-оборудования, устойчивость откосов бортов карьера, также уменьшения влажности полезного ископаемого.

Для изучения режима подземных вод в районе месторождения ведутся систематические наблюдения за уровнями по сети наблюдательных скважин.

Режимная сеть, по которой ведутся наблюдения за динамикой уровней подземных вод в районе Лебединского карьера, хвостохранилища и прилегающих к ним территорий, состоит из 146 наблюдательных скважин и 8 опускных пьезометров в эксплуатационных скважинах водозаборов комбината. Из них 47 – на четвертичный водоносный горизонт, 65 скважин и 8 пьезометров – на альб-сеноманский, 1 – на девонский, 27 – на коньяк-туронский и 6 на рудно-кристаллический водоносные горизонты.

Наблюдениями охватываются все водоносные горизонты, которые подлежат дренажу.

В пределах Лебединского месторождения выделяются три основных водоносных горизонта:

- коньяк-туронский водоносный горизонт мело-мергельных отложений;
- водоносный горизонт альб-сеноманских песков;
- водоносный горизонт трещиноватых рудно-кристаллических пород архей-протерозойских отложений.

До начала разработки Лебединского месторождения в условиях естественного режима подземных вод турон-коньякский, альб-сеноманский и юрский водоносные горизонты дренировались реками Оскол и Осколец. Статический уровень их находился на абсолютных отметках 136–139 м. Характерно, что на таких же отметках находился и уровень воды нижнепротерозойского комплекса. Это обстоятельство связано с тем, что песчано-глинистый состав и локальное отсутствие юрских отложений создают условия для связи вод надюрского и нижнепротерозойского комплексов.

Нарушенный режим подземных вод в районе расположения карьера АО «Лебединский ГОК» и на прилегающей территории зависит от работы дренажной системы Лебединского карьера (начала работать с 1957 года) и водозаборов («РСУ» и водозаборов подземного дренажного комплекса), понижая уровни подземных вод в эксплуатируемых водоносных горизонтах и инфильтрации вод из хвостохранилища АО «Лебединский ГОК».

Турон-коньякский водоносный горизонт приурочен к нижней мергельно-меловой толще, где он непосредственно связан с нижележащим альб-сеноманским водоносным горизонтом. Горизонт находится в зоне активного водообмена с поверхностью, вследствие чего, имеет благоприятные условия для восполнения запасов подземных вод. Подземные воды его четко реагируют на внешние естественные факторы: выпадение атмосферных осадков в жидкой фазе, снеготаяние и др. В районе Лебединского карьера турон-коньякский водоносный горизонт полностью сдренирован,

при этом площадь осушенных мело-мергельных пород в настоящее время превышает 15 км², а вместе с размывными участками рекой Осколец около 60 км².

Обводненные отложения юрского водоносного горизонта находятся за пределами действующего карьера.

Альб-сеноманский водоносный горизонт, водовмещающими породами которого являются среднезернистые пески, имеет повсеместное распространение, наиболее водонасыщен, широко используется для водоснабжения и система осушения месторождения оказывает существенное влияние на его состояние. Поэтому большее количество наблюдательных скважин в режимной сети пройдено на этот горизонт. Режим подземных вод на территории, прилегающей к карьере, неравномерен, на разных участках наблюдений изменение уровней подземных вод находится в зависимости от совокупности различных природных и техногенных факторов.

Региональная гидрогеологическая ситуация по альб-сеноманскому водоносному горизонту приведена на рис. 2

Эксплуатация систем осушения карьеров АО «Лебединский ГОК» привела к образованию обширной депрессионной воронки радиусом 8–10 км (местами до 15 км).

В альб-сеноманском водоносном горизонте депрессионная воронка вокруг карьеров по мере их развития продолжает расширяться. По мере удаления от карьера АО «Лебединский ГОК» его дренирующее влияние на подземные воды закономерно уменьшается.

На развитие депрессионной воронки оказывает влияние взаимодействие с системой осушения карьера ОАО «Стойленский ГОК», с системой осушения подземной добычи руд АО «Комбинат КМАруда» и с действующими многочисленными водозаборами.

Абсолютная отметка уровня подземных вод в водоносном горизонте трещиноватых рудно-кристаллических пород архей-протерозойских отложений в западной части карьера составляет 133,86 м (скв. 228 р), в северной части карьерного поля – 118,90 м (скв. 1073 р), на западе – 73,20 м (скв. 59 р), на юге – 96,76 м (скв. 1060 р).

Воды архей-протерозойского водоносного комплекса сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевые иногда с минерализацией более 1 г/л; содержание железа 0,1–6,5 мг/л; pH 6,9–8,9.

Альб-сеноманский водоносный горизонт, водовмещающими породами которого являются мелко и среднезернистые пески, имеет повсеместное распространение, наиболее водонасыщен, широко используется для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения АО «Лебединский ГОК» и населения прилегающих территорий.

До начала разработки Лебединского месторождения в условиях естественного режима качественный состав подземных вод турон-коньякского водоносного горизонта был гидрокарбонатно-кальциевого состава, иногда натриево-кальциевого с минерализацией от 0,3 до 0,6 г/л. Среда слабощелочная – pH от 7,2 до 7,8. Иногда отмечалось наличие в водах до 2 мг/л железа.

По преобладающему составу воды альб-сеноманского водоносного горизонта были гидрокарбонатные кальциевые. Минерализация колебалась в пределах от 0,1 до 0,4 г/л, редко повышаясь до 0,5 г/л; pH – 6,5–12,2; железо от 0 до 12,6 мг/л.

Для оценки водопритоков при отработке Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений железистых кварцитов и прогноза воздействия системы осушения на подземные воды совместно с «Центрогипропроруда» была создана геофильтрационная модель, которая позволила детально спрогнозировать условия формирования фильтрационного потока в зоне влияния карьера АО «Лебединский ГОК». Фильтрационная модель разрабатывалась на основе программы Modflow. Программа позволяет реализовать стационарную и нестационарную пространственную фильтрацию подземных вод в неоднородных водоносных горизонтах. Программа допускает моделирование напорных, безнапорных и напорно-безнапорных водоносных пластов, обрабатывает ситуации полного осушения блоков и восстановления уровня подземных вод в сухих блоках, основана на методе конечных разностей или конечных элементов с разбишкой области фильтрации на элементарные блоки в плане.

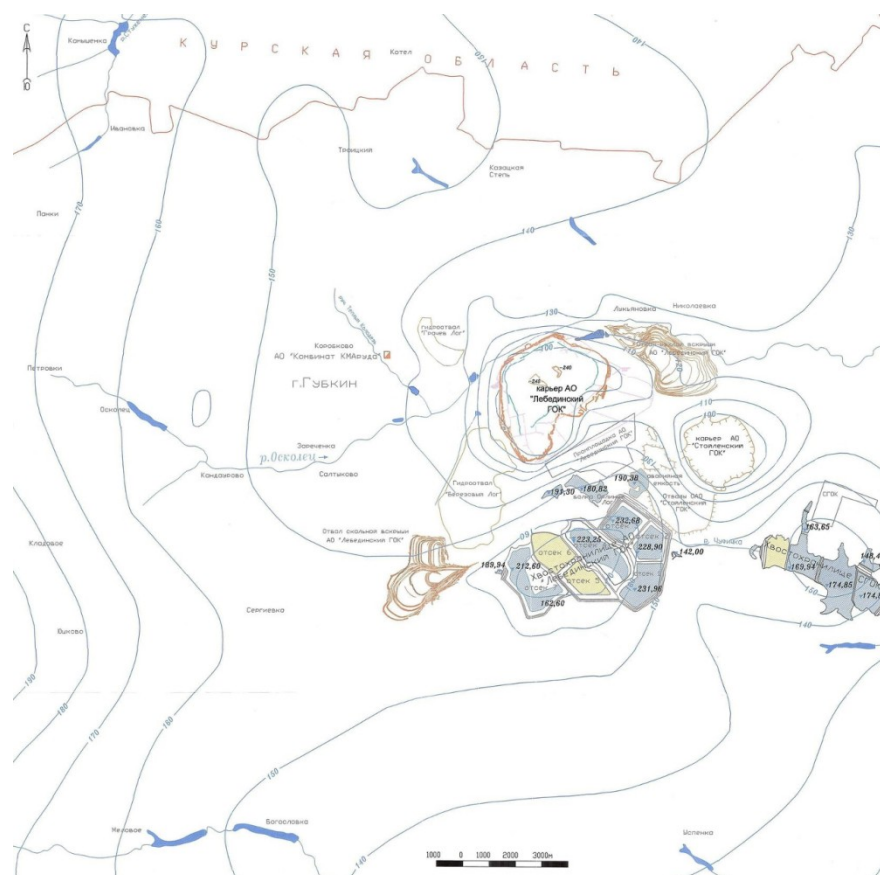


Рис. Региональная гидрогеологическая ситуация по альб-сеноманскому водоносному горизонту

Площадь района влияния карьера АО «Лебединский ГОК», для которой реализована модель, представляет прямоугольник размерами 35 км × 37 км общей площадью 1295 км². Размеры моделируемой территории определялись площадью развития депрессионных воронок по верхнему и нижнему водоносным комплексам от работы системы осушения АО «Лебединский ГОК» при взаимодействии с действующими водозаборами г. Губкин и с дренажной системой ОАО «Комбинат КМАруда», также влиянием проектируемого хвостохранилища в балке Дубенка. Дробность пространственной разбивки зависит от объема компьютерной памяти и должна обеспечить учет всех основополагающих факторов моделирующей гидродинамической обстановки (фильтрационная неоднородность, сложный характер и разнообразие граничных условий, перетекание, инфильтрация и т. д.). В плане рекомендуемая сеточная разбивка модели (площадью от 500 км²) для более детального отражения уровня обычно – 250 м. Для исследуемой территории характерен расчлененный рельеф, поэтому была выполнена более дробная разбивка 100 м × 100 м. Размер расчетных блоков на локальной модели составил 100 м × 100 м и при этом было реализовано 350 м × 70 блоков. Это позволило отразить на модели более подробно систему осушения АО «Лебединский ГОК» на внутреннем и внешнем дренажных контурах, действующее хвостохранилище в балке Чуфичева и проектируемое хвостохранилище в балке Дубенка. Прогнозные расчеты водопритоков при отработке Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений с учетом перспективы развития карьера и заполнения хвостохранилища АО «Лебединский ГОК» до 2035 г. рассматривались по двум вариантам: вариант 1 – с сохранением существующего сброса дренажных

вод из шахтного ствола № 4 в реку Осколец; вариант 2 – при частичном сбросе дренажных вод из шахтного ствола № 4 в р. Осколец: на 2021–2027 гг. – 13 млн м³/год (1484 м³/ч); на 2028–2058 гг. – 10 млн м³/год (1142 м³/ч). Результаты прогнозных расчетов к внутреннему и внешнему дренажным контурам и карьерному водоотливу по варианту 1 на 01.01.2036 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты прогнозных расчетов к внутреннему и внешнему дренажному контуру и карьерному водоотливу по варианту 1 на 01.01.2036 г.

Отметка дна карьера, абс. м	Дренажные устройства	Прогнозный водоприток	
		м ³ /сут.	м ³ /ч
–330	Альб-сеноманский водоносный горизонт		
	Внешний контур	191040,0	7960,0
	Внутренний контур	34783,9	1449,3
	Суммарный водоприток	225823,9	9409,3
	Нижний водоносный комплекс		
	Подземный штрек	12437,4	518,2
	Карьерный водоотлив, в том числе:	8510,4	354,6
	– за счет подземных вод	4886,7	203,6
	– за счет атмосферных вод	3624,0	151,0
	Суммарный водоприток	20947,8	872,8
	Общий водоприток по карьере	246771,7	10282,1
	Проскок в карьер, %	16	

Результаты прогнозных расчетов к внутреннему и внешнему дренажному контуру и карьерному водоотливу по варианту 2 на 01.01.2036 г. приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты прогнозных расчетов к внутреннему и внешнему дренажному контуру и карьерному водоотливу по варианту 2 на 01.01.2036 г.

Отметка дна карьера, абс. м	Дренажные устройства	Прогнозный водоприток	
		м ³ /сут	м ³ /ч
–330	Альб-сеноманский водоносный горизонт		
	Внешний контур	177599,7	7400,0
	Внутренний контур	39307,5	1637,8
	Суммарный водоприток	216907,2	9037,8
	Нижний водоносный комплекс		
	Подземный штрек	12432,9	518,0
	Карьерный водоотлив, в том числе:	8510,4	354,6
	– за счет подземных вод	4886,3	203,6
	– за счет атмосферных вод	3624,0	151,0
	Суммарный водоприток	20942,4	872,6
	Общий водоприток по карьере	237849,6	9910,4
	Проскок в карьер, %	19	

Прогнозный приток к карьере АО «Лебединский ГОК» при условии обильных ливней может составить:

- по варианту 1 – 11757,9 м³/ч;
- по варианту 2 – 11386,4 м³/ч.

Результатами моделирования установлено, что до конца 2036 г. ожидается незначительное увеличение прогнозных водопритоков к системе осушения и снижение уровней подземных вод в районе карьера и на прилегающей территории.

Также не прогнозируется снижение запасов подземных вод водозаборов РСУ на альб-сеноманском водоносном горизонте, находящийся в зоне влияния дренажной системы карьера.

Расширение карьера и развитие отвалов не приведет к изменению качественного состава подземных вод.

Список литературы

1. Мироненко, В. А. Горнопромышленная гидрогеология : учебник для вузов / В. А. Мироненко, Е. В. Мольский, В. Г. Румынин. – М. : Недра, 1989. – 287 с.
2. Норватов, Ю. А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод / Ю. А. Норватов. – Л. : Недра, 1988. – 261 с.
3. Бобрышев, А. Т. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна курской магнитной аномалии / А. Т. Бобрышев, И. Н. Леоненко. – М. : Недра, 1973. – Т. 2. – 480 с.

References

1. Mironenko, V. A., Molsky, E. V., Romanin, V. G. *Gornopromyshlennaya gidrogeologiya : uchebnik dlya vuzov* [Mining hydrogeology: a textbook for universities]. Moscow, Nedra Publ. House, 1989, 287 p.
2. Norvatov, Yu. A. *Izuchenie i prognoz tekhnogenenogo rezhima podzemnykh vod* [Study and forecast of the technogenic regime of groundwater]. Leningrad, Nedra Publ. House, 1988, 261 p.
3. Bobryshev, A. T., Leonenko, I. N. *Geologiya, gidrogeologiya i zheleznye rudy basseyna kurskoy magnitnoy anomalii* [Geology, hydrogeology and iron ores of the Kursk magnetic anomaly basin]. Moscow, Nedra Publ. House, 1973, vol. 2, 480 p.