

ПРОБЛЕМА ВОДОПРИТОКА В КАРЬЕР ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАНИТОВ НА УЧАСТКЕ «ТИХИЙ ДОН»

Ю. М. Зинюков, А. В. Золотарев, В. В. Воронин

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 2 марта 2009 г.

Аннотация. Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом, расположенных рядом с крупными водоотоками, при близком залегании от земной поверхности подземных вод часто приводит к проблеме водопритока в карьер подземных и поверхностных вод. Следствием такой ситуации является возникновение ряда гидрогеологических и инженерно-геологических проблем, осложняющих условия эксплуатации месторождения. Подобная проблема возникла и при разработке месторождения гранитов на участке «Тихий Дон». В связи с этим были выполнены гидродинамические расчеты, позволившие оценить характер и величину водопритока.

Ключевые слова: водоприток, гидрогеологические условия, разработка месторождения открытым способом, геологическая среда, водообмен, водопроницаемость, пьезопроводность, гидродинамика, гидрогеологические расчеты.

Abstract. Exploration of deposits by open pit occurring near large water flows and in conditions of ground waters occurring near the earth's surface of ten leads to the problem of water inflow in to the quarry of under ground and surface waters. Such situation causes a number of hydrogeological and engineering – geological problems. That complicate the deposit's exploitation. A similar problem originated in exploration of granite deposits in the site «Tikhy Don». To estimate and solve the problem some hydrodynamic calculations. That allowed to estimate the character and the size of water in inflow have been carried out.

Key words: water inflow, hydrogeological conditions, exploration of deposits by open pit, geologic environment, water exchange, permeability, piezoconductivity, hydrodynamics, hydrogeological calculations.

Введение

В условиях постоянно растущих темпов строительства возникает высокая потребность в активной разработке месторождений строительного сырья.

В Воронежской области интенсивно разрабатываются месторождения гранитов, используемых при производстве различных строительных конструкций и материалов.

Одним из таких месторождений является месторождение гранитов в районе х. Тихий Дон Богучарского района Воронежской области.

Разработка месторождений скальных пород, залегающих под маломощным осадочным чехлом, обычно ведется открытым способом, с использованием буровзрывных работ, что неизбежно ведет к нарушению естественных гидрогеологических процессов, протекающих в геологической среде. Как следствие – появление гидрогеологических и инженерно-геологических проблем (нарушение

естественных условий залегания, режима и характера водообмена подземных и поверхностных вод, подтопление выработок, снижение устойчивости массива горных пород) [1].

Ряд таких проблем возник и при разработке месторождения гранитов на участке «Тихий Дон», расположенном на правом берегу р. Дон, в 15 км севернее г. Богучар.

При разработке месторождения открытым способом, вследствие нарушения естественных гидрогеологических условий участка работ, возникла опасность водопритока в карьер. Для решения данной проблемы ОАО «Воронежгеология» проведены работы по изучению гидрогеологических условий участка «Тихий Дон» с целью оценки водопритока к карьере.

Исследуемая территория расположена в бассейне р. Дон. Ширина русла реки в ее пределах – 120–200 м, среднегодовой расход – 409 м³/сек.

С севера и юга участок ограничен овражно-балочной сетью. От русла реки участок расположен на расстоянии 500–1000 м.

Продуктивными являются докембрийские образования, представленные палингенными гранитами, граносиенитами, гранодиоритами павловского комплекса (γ - γ ξ K_1p_1).

Граниты слагают выступ кристаллического фундамента, ширина выступа составляет 720 м, протяженность его вдоль поймы р. Дон – более 500 м (западная граница не установлена). Восточный фланг погружается под пойменные отложения р. Дон.

Коренные выходы гранитов зафиксированы в борту долины р. Дон в виде эрозионно-денудационных площадок размером от 1×1 до 3×5 м, встречающихся на протяжении 250 м.

В геологическом строении участка работ принимают участие породы докембрия, среднего девона, мела и четвертичной системы.

В гидрогеологическом отношении выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы. Результаты опытного опробования водоносных горизонтов скважинами приведены в таблицах 1, 2.

Водоносный современный аллювиальный горизонт (aIV) – опробован на участке работ тремя скважинами (7гг; 5гг; 6гг). Водоносными породами являются, в основном, пески мелко-среднезернистые и суглинки, преимущественно песчанистые. Дебит в скважинах изменялся от 0,2 л/с при понижении 2,9 м (скв. 4гг) до 2,0 л/с при понижении 0,5 м (скв. 5гг), удельный дебит при этом составил 0,09 и 4,0 л/с, что свидетельствует о невысокой водообильности горизонта.

Воды горизонта безнапорные. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет паводковых вод и атмосферных осадков. Разгрузка подземных вод происходит в р. Дон.

Водоносный турон-коньякский карбонатный комплекс (K_2t-k) – опробован на участке работ двумя скважинами (1гг; 2гг). Водовмещающими породами данного комплекса служат трещиноватые песчаники мела. Средняя мощность комплекса равна 3,06 м. Малая мощность водоносного комплекса свидетельствует о том, что воды сдренированы в карьер при отработке меловых отложений. Дебит в скважинах изменялся от 1,3 л/с при понижении 1,0 м (скв. 1гг) до 1,8 л/с при понижении 2,5 м (скв. 2гг), удельный дебит от 0,72 до 1,3 л/с, что свидетельствует о невысокой водообильности горизонта.

Воды данного комплекса безнапорные. Питание водоносного комплекса происходит, в основном, за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Водоупорная архей-протерозойская зона коры ветвирования кристаллических пород / ϵ (AR-PR)/ –

опробована на участке работ одной скважиной (2гг).

Водоносной породой является песчано-гравийная зона зеленовато-серого цвета. Воды данной зоны слабо напорные, высота напора составляет 3,5 м. Дебит зоны составляет 1,8 л/с при понижении 2,5 м, удельный дебит 0,72 л/с, что свидетельствует о малой водообильности.

Питание зоны осуществляется за счет перетекания из вышележащих водоносных горизонтов.

Слабоводоносная архей-протерозойская зона кристаллических пород (AR-PR) – опробована на участке работ пятью скважинами (1гг; 3гг; 4гг; 5гг и 6гг). Водоносная зона приурочена, в основном, к зонам трещиноватости гранитоидных образований. В целом, зона кристаллических пород характеризуется незначительной водообильностью. Водоносная зона напорная, величина напора составляет 11,7 м. Питание водоносной зоны происходит за счет перетекания из вышележащих водоносных горизонтов.

Методика эксперимента

Для оценки водопритока к карьере необходимо обоснование расчетных гидрогеологических параметров. Современные методы расчета гидрогеологических параметров базируются на уравнениях неустановившегося движения подземных вод. Определение параметров выполняется методами подбора эталонных кривых, прослеживания изменения понижения (восстановления) уровня во времени и по площади (метод Джейкоба), применяющиеся при квазистационарном режиме фильтрации[2].

Определение коэффициентов водопроводимости и пьезопроводности (уровнепроводимости) осуществлялось путем обработки графиков временного, площадного и комбинированного прослеживания уровня, построенных по данным кустовой откачки. По данным опытных одиночных откачек происходит определение лишь коэффициента водопроводимости методом временного прослеживания уровня.

При временном прослеживании строится график $S-lgt$, при площадном $S-lgr$, при комбинированном $S-lg(t/r^2)$.

Расчетные параметры определяются по следующим зависимостям:

а) временное прослеживание $K_m = 0,183 Q/C_t$;

$$\lg a = 2 \lg r - 0,35 + \frac{A_t}{C_t} ;$$

Таблица 1

Результаты расчетов коэффициентов водопроницаемости и фильтрации по данным кустовой и опытных одиночных откачек

№ централь-ной скважи-ны	№ наблю-датель-ных скважин	Мощность водоносного горизонта, м	Расчет-ный участок	Водопроницаемость (km) рассчитанная, м ² /сут						Принятый для расчетов параметр	
				понижение			восстановление			Km	Кф
				S – lgt	S – lgr	S– lgt/r ²	S*-lgt	S* – lgr	S*-lgt/r ²		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Водоносный современный аллювиальный горизонт – aIV</i>											
-	7ГГ	8,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7ГГ	8 н	5,22		253,6		368	268,8		407,2	-	-
-	9 н 10 н	5,91 5,61 средн. 6,26 м	t –7мин t –10мин	244,6 560	- -	383,9 479,9	213,3 353,6	426,6 447,9	312,5 383,9	364,55	58,23
5ГГ	-	17,83	-	361,4	-	-	152	-	-	294,4	17,4
6ГГ	-	15,9 средн. 16,865 м общ. средн. 11,56 м	-	442,8	-	-	221,4	-	-	-	средн. 37,815
<i>Водоносный турон – коньякский карбонатный комплекс – K₂t-k</i>											
1ГГ	-	1,07	-	274	-	-	205,5	-	-	-	-
2ГГ	-	13,4 средн. 7,235 м	-	231,8	-	-	217,3	-	-	232,15	32,08
<i>Водоупорная архей – протерозойская зона коры выветривания кристаллических пород C(AR – PR)</i>											
2ГГ	-	14,7	-	41,0	-	-	28,46	-	-	34,73	2,36
<i>Слабоводоносная архей протерозойская зона кристаллических пород –AR – PR</i>											
3ГГ	-	24,8	-	0,253	-	-	2,53	-	-	-	-
1ГГ	-	20,15	-	5,47	-	-	25,8	-	-	-	-
5ГГ	-	16,6	-	21,27	-	-	20,85	-	-	12,1	0,61
6ГГ	-	8,4 средн. 19,79 м	-	3,4	-	-	0,54	-	-	-	-

Таблица 2

Результаты расчетов коэффициентов уровнепроводности (пьезопроводности) по данным кустовой откачки

№ централь-ной скважи-ны	№ наблю-дательных скважин	Расчетный участок	Уровнепроводность (пьезопроводность), м ² /сут						Принятый параметр
			по понижению			по восстановлению			
			S – lgt	S – lgr	S– lg t/r ²	S*-lgt	S* – lgr	S*- lg t/r ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7ГГ	8 н	-	0,09 × 10 ⁴	-	0,2 × 10 ⁴	0,27 × 10 ⁴	-	0,78 × 10 ⁴	-
	9 н	t –7 мин t –10 мин	0,2 × 10 ⁴	-	5,4 × 10 ⁴	0,1 × 10 ⁴	1,01 × 10 ⁴ 2,23 × 10 ⁴	0,19 × 10 ⁴	0,88 × 10 ⁴
	10 н		0,03 × 10 ⁴	-	0,04 × 10 ⁴	0,79 × 10 ⁴	-	1,05 × 10 ⁴	-

б) площадное прослеживание $Km = 0,366 Q/C_r$:

$$\lg a = \frac{2A_r}{C_r} - 0,35 - \lg t ;$$

в) комбинированное прослеживание $Km = 0,183 Q/C_k$:

$$\lg a = \frac{A_{kt}}{Ck_t} ,$$

где A_t и C_r , A_r и C_r , A_k и C_k – соответственно, начальная ордината и угловой коэффициент прямолинейных графиков временного, площадного и комбинированного прослеживания; r – расстояние между опытной (центральной) и наблюдательными скважинами; t – момент времени от начала откачки, на которой строится график $S - \lg t$.

Определение гидрогеологических параметров указанными методами при откачках с постоянными дебитами при неустановившемся режиме основано на использовании формулы Тейса:

$$S = \frac{Q_r}{4\pi kmt} \sum_i \left(\frac{r^2}{4at} \right),$$

где S – понижение уровня на расстоянии r от скважины, из которой проводится откачка, через время t после начала откачки; Q – дебит скважины; Km – водопроницаемость водоносного горизонта; a – коэффициент пьезопроводности; \sum_i – интегральная показательная функция, при

$$\frac{r^2}{4at} \leq 0,1 \quad S = \frac{0,183Q}{km} \lg \frac{2,25at}{r^2} .$$

Учитывая, что вышележающие водоносные горизонты (современный, меловой) имеют безнапорный характер, в отличие от архей-протерозойского водоносного комплекса, расчеты основных гидрогеологических параметров были проведены по формулам напорной фильтрации в целях рационализации расчетной части и получения дополнительного запаса прочности проводимых расчетов. Возможность использования расчетных зависимостей напорной фильтрации применительно к безнапорным условиям обусловлена наличием конкретных условий и полученных результатов опытно-фильтрационных работ и соблюдением критерия применимости $S < 0,2h$, где S – понижение, достигнутое при откачке, h – мощность водоносного горизонта.

Результаты расчетов коэффициентов водопроницаемости, пьезопроводности и фильтрации приведены в таблицах 1, 2.

Определенное значение в расчетах имеет обобщенное сопротивление русловых отложений (ΔL).

Данный параметр представляет собой некоторое дополнительное увеличение длины потока, которое учитывает фильтрационное сопротивление, обусловленное неполнотой вреза реки в водоносный пласт, его неоднородностью и заиленностью русла реки. Использование показателя ΔL приемлемо для расчетов при $\Delta L < 7L$, где L – истинное расстояние от скважины до реки.

В конкретных сложившихся условиях для определения сопротивления русловых отложений был использован метод М. С. Верзакова, представляющий собой модификацию графоаналитического метода при совмещении его с методом подбора. Данный метод применим в тех случаях, когда нет возможности соблюсти имеющиеся площадные ограничения расположения наблюдательных скважин, рассмотренные и принятые в различных методических указаниях.

Предложенная модификация основана на построении серии графиков $S - \lg \frac{\rho}{r}$, соответствующих уравнению Форхгеймера, где ρ – расстояние между наблюдательной скважиной и зеркальным отображением опытной скважины относительно смещенного на величину ΔL уреза реки; r – расстояние от наблюдательной скважины до опытной.

Для скважины встречного луча (к реке):

$$\rho = 2(l + \Delta L) - r \quad , \quad \text{при} \quad \Delta L = \frac{R - 2l}{2} ,$$

где R – величина условного радиуса влияния, определяемого величиной отрезка, отсекаемого графиком $S - \lg$ на оси абсцисс; l – расстояние от опытной скважины до реки.

В нашем случае:

$$1) \Delta L_{9н} = \frac{2,6^{398} - 2 \times 56}{2} = 143 ,$$

$$\Delta L_{10н} = \frac{2,78^{602} - 2 \times 8}{2} = 293 ,$$

$$\Delta L_{ср} = 218 ;$$

$$2) \rho_{9н} = 2 \times (56 + 143) - 65 = 333 ,$$

$$\rho_{10н} = 2 \times (8 + 293) - 112 = 490 ;$$

$$3) 9_{\text{н}} \lg \frac{333}{65} = 0,71,$$

$$10_{\text{н}} \lg \frac{490}{112} = 0,64.$$

Задаваясь несколькими значениями ΔL , $\lg \rho/r$ (которые приведены выше), строится серия указанных графиков. Поскольку $S = \frac{0,366Q}{K_m} \lg \frac{\rho}{r}$, то при правильном значении ΔL график $S - \lg \frac{\rho}{r}$ должен представлять собой прямую линию $S = C \lg \frac{\rho}{r}$, проходящую через начало координат с угловым коэффициентом $C = \frac{0,366Q}{K_m}$, откуда $K_m = \frac{0,366Q}{C}$.

При этом достигнута очень хорошая сходимость значений коэффициентов водопроницаемости, рассчитанных по результатам методов прослеживания и Верзакова.

Предварительная оценка запасов дренажных вод месторождения гранитов «Тихий Дон»

Анализ гидрогеологических условий участка месторождения гранитов, основывающийся на результатах проведенных опытно-фильтрационных работ, позволяет утверждать, что основную роль в формировании водопритоков в разрабатываемый карьер, наряду с атмосферными осадками, будут играть подземные воды четвертичного и мелового водоносных комплексов, для которых характерны безнапорный режим фильтрации и гидравлическая связь с р. Дон. Влияние же подземных вод архей-протерозойского водоносного комплекса, имеющего напорный режим фильтрации, низкие значения гидродинамических параметров и, как следствие, низкую водообильность, будет сказываться незначительно и только на последующих стадиях развития карьера. Поэтому при расчете возможного водопритока в карьер, на основании вышеизложенного, имеет смысл провести его в двух вариантах, соответствующих условиям безнапорной и напорно-безнапорной фильтрации подземных вод. Учитывая преобладающее поступление подземных вод из водоносных горизонтов осадочного чехла, такой подход будет служить контролирующим фактором приемлемости проведенных

расчетов. Если варианты будут давать значения водопритоков, расходящиеся между собой на величину не более 50 %, то они могут считаться приемлемыми [2; 3].

Вариант 1 – условия безнапорной фильтрации подземных вод

1) Водоприток к месторождениям, расположенным вблизи рек в безнапорных водоносных горизонтах, определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{\pi k h^2}{\ln \frac{2(L + \Delta L)}{\rho}}$$

где L – расстояние от центра месторождения до реки – 600 м; ΔL – дополнительное гидравлическое сопротивление аллювиальных отложений и русла реки – 218 м; ρ – приведенный радиус горной выработки – 239,55 м; k – коэффициент фильтрации – 37,815 м/сут; h – столб воды водоносного горизонта (мощность) – 11,56 м. При этом $\rho = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$,

где F – площадь карьера при его максимальном развитии – 180 193 м².

$$\rho = \sqrt{\frac{180193}{3,14}} = 239,55$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \times 37,815 \times 11,56^2}{\ln \frac{2(600 + 218)}{239,55}} = \frac{15867,53}{1,92} = 8264 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

С учетом безнапорного характера вскрываемой верхней части водопритоки можно рассчитать по аналогичной формуле Тейса (логарифмическая зависимость) при условии выполнения соотношения:

$$\frac{at}{r^2 k} > 500$$

$$\frac{0,8 \times 10^4 \times 10^4}{239,55^2} = 1395 > 500$$

$$Q = \frac{2,73 k h^2}{\lg 2,25 \frac{at}{r_k^2}};$$

$$Q = \frac{2,73 \times 37,815 \times 11,56^2}{\lg 2,25 \frac{0,88 \times 10^4 \times 10^4}{239,55^2}} = \frac{13795,66}{3,538} = 3899 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Данная величина является контрольной (базовой), не учитывающей поступление речных вод р. Дон в процессе эксплуатации карьера. Поэтому за основу необходимо применять величину водопритока, рассчитанную в первом варианте.

Вариант 2 – условия напорно-безнапорной фильтрации подземных вод

Если водоносный горизонт ограничен рекой, то по прошествии времени $t > 10 \frac{L^2}{a}$, где L – расстояние от центра выработки до реки, наступает стабилизация водопритоков в горные выработки.

Общий водоприток в выработки определяется по зависимости:

$$Q_2 = \frac{1,36 \times k_{np} \times H_e^2}{\lg \frac{L + \Delta L}{\rho} + 0,3},$$

где H_e – напор, рассчитываемый от подошвы водоносного горизонта; k_{np} – приведенный коэффициент фильтрации для обводненной толщи, м/сут:

$$k_{np} = \frac{K_{\phi_1} \times h_1 + K_{\phi_2} \times h_2}{h_1 + h_2}.$$

Определим время стабилизации водопритока в горные выработки:

$$t = \frac{10 \times 600^2}{0,8 \times 10^4} = 450 \text{ сут},$$

то есть через 450 сут наступает стабилизация водопритока без учета дополнительного сопротивления ложа р. Дон. С учетом дополнительного сопротивления время наступления будет составлять:

$$t = \frac{10 \times (600 + 214)^2}{0,8 \times 10^4} = 828 \text{ сут},$$

то есть через 828 сут общий водоприток в выработку будет определяться по вышеприведенной формуле:

$$Q_2 = \frac{1,36 \times \left(\frac{37,815 \times 11,56 + 0,16 \times 19,79}{11,56 + 19,79} \right) \times 16,865^2}{\lg \frac{600 + 218}{239,55} + 0,3} = \frac{5543,16}{0,833} = 6654 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{8264 + 6654}{2} = 7459 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Обобщение результатов

Таким образом, выполненные расчеты свидетельствуют о достаточно хорошей сходимости величины возможного водопритока в разрабатываемый карьер, рассчитанного для различных гидродинамических условий. При этом приведенными расчетами доказано, что основную часть в формировании водопритока будут играть подземные воды, заключенные в водоносных горизонтах четвертичного и, частично, мелового возраста.

Учитывая достаточно большой запас прочности формул гидродинамики, все получаемые расчетные характеристики необходимо воспринимать как контрольные.

Таким образом, механизм формирования водопритока, исходя из полученных результатов, будет иметь следующий вид.

1. На начальной стадии разработки гранитного карьера формирование водопритока и его величина, при условии вскрытия водоносных горизонтов осадочного чехла на полную мощность на площади, учтенной в расчетных формулах, не будет превышать 3 899 м³/сут (без учета поверхностной составляющей).

2. Основным осложняющим фактором эксплуатации карьера «Тихий Дон» является наличие в 600 м от карьера крупной водной артерии – р. Дон, влияние которой, несомненно, будет весьма существенным по истечении рассчитанного контрольного времени, равного 828 сут. По истечении данного времени депрессионная воронка теоретически должна достигнуть реки и сформировать совершенно иные гидродинамические условия, так называемые условия режима «подпертой фильтрации», где основную роль в формировании водопритока будут играть поверхностные воды р. Дон. Теоретическая величина водопритока в данных условиях будет составлять 7459 м³/сут, а доля поверхностных вод – 48 %.

3. Немаловажным фактором, способным влиять на формирование водопритока, будет являться метеорологический фактор – приток воды в карьер за счет атмосферных осадков, который определяется интенсивностью и продолжительностью выпадения осадков, коэффициентом поверхностного стока и размером водосборной площади по следующей формуле [3]:

$$W = W_o + W_m = H_o \times \alpha \times F_e + \frac{\alpha \times \beta \times h_c \times F_e}{t_c},$$

где W_o – приток дождевых вод; W_m – приток талых вод; H_o – среднесуточное количество осадков; α – коэффициент поверхностного для площади, заня-

той бортами и дном карьера, в нашем случае $\alpha \approx 0,6$ и $0,7$; F_g – водосборная площадь карьера (определяется в границах напорных канав и дамб); β – коэффициент, учитывающий степень удаления снега из карьера при ведении горных работ (обычно принимается равным $0,5$); h_c – годовое количество твердых осадков при 50% обеспеченности; t_c – продолжительность интенсивного снеготаяния в период паводка, 15 сут.

Среднемесячное и годовое количество осадков (мм), приведенное к показаниям осадкомера за 2004–2006 гг.:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
85	57	42	33	30	62	81	54	44	59	46	43	626

$$H_o = \frac{III - XI}{9} = \frac{441}{9} = 49 = \frac{0,049}{30} = 0,00163 \text{ мм}$$

$$h_c = (I, II, XII) = 185 \text{ мм} = 0,18 \text{ м}$$

Площадь карьера, согласно техническому заданию, составляет $180\,193 \text{ м}^2$.

Общий ориентировочный (годовой) приток атмосферных поверхностных вод составит:

$$W = 0,00163 \times 0,6 \times 0,7 \times 180193 + \frac{0,6 \times 0,7 \times 0,3 \times 0,185 \times 180193}{15} = 123,36 + 466,7 = 590,06 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Таким образом, общая величина эксплуатационного водопритока в карьере составит:

$$\frac{8264 + 6654}{2} + 590,06 = 8049,06 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Заключение

Условия формирования водопритока в карьер будут выглядеть следующим образом:

– за счет емкостных и упругих запасов водоносных горизонтов – $48,4\%$;

Ю. М. Зинюков, кандидат технических наук, доцент кафедры гидрогеологии и геоэкологии, инженерной геологии, Воронежский государственный университет; тел.: 89081347739; e-mail: zinyukov@rambler.ru

А. В. Золотарев, научный сотрудник кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, Воронежский государственный университет; тел.: 89204102396; e-mail: AVZolot@rambler.ru

В. В. Воронин, гл. гидрогеолог ООО «Воронежгеология»; тел.: 89065873380

– за счет поверхностных вод р. Дон – $44,3\%$;
– за счет атмосферных осадков – $7,3\%$.

При среднегодовом расходе р. Дон – $409 \text{ м}^3/\text{сек}$, рассчитывая через среднемесячный расход, который составляет $34 \text{ м}^3/\text{сек}$, возможный ущерб речному стоку р. Дон при рассчитанных величинах водопритока не превысит $0,12\%$.

Для оптимизации проблемы водопритока в карьер необходима организация мониторинговых наблюдений за карьерным водоотливом, динамикой распространения депрессионной воронки. Регулярные наблюдения необходимо проводить как по существующей сети наблюдательных скважин (скв. 1гг, 2гг, 3гг, 5гг, 6гг, 7гг, 8н, 9н, 10н), так и по рекомендуемым новым гидрогеологическим скважинам на более глубокие водоносные горизонты (AR–PR) в районе расположения скважин 9н, 10н. Подобные наблюдения позволят регистрировать глубину развития депрессии подземных вод, а данные карьерного водоотлива – оценить истинное значение сопротивления русловых отложений р. Дон.

Организация ежесуточного учета карьерного водоотлива, особенно в течение первых 5 лет эксплуатации карьера, наряду с проведением мониторинговых наблюдений по существующей и дополнительно пробуренной наблюдательной сети позволят корректным образом произвести оценку запасов дренажных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка изменений гидрогеологических условий под влиянием производственной деятельности. – М.: Недра, 1978. – С. 263.
2. Ковалевский В. С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией / В. С. Ковалевский. – М., Недра, 1986. – С. 200.
3. Организация и производство наблюдений за режимом уровня, напора и дебита подземных вод. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1983.

Y. M. Zinyukov, Candidate of Technical Sciences Associate Professor, Chair of Engineering Geology, Hydrogeology and Geoecology, Voronezh State University; tel.: 89081347739; e-mail: zinyukov@rambler.ru

A. V. Zolotarev, Research Worker, Chair Engineering Geology, Hydrogeology and Geoecology, Voronezh State University; tel.: 89204102396; e-mail: AVZolot@rambler.ru

V. V. Voronin, Chief Hydrogeologist of the Open Stock Company «Voronezhgeology»; tel.: 89065873380