

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПО ОПЫТУ СТРОИТЕЛЬНОГО ВОДОПониЖЕНИЯ КАЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

М.Б.Едигенов, кандидат геолого-минералогических наук, член-корреспондент МАМР, ТОО «Научно-производственная фирма Геоэкос», г.Костанай, Республика Казахстан.

Правильная схематизация, выбор и обоснование расчетных гидрогеологических параметров играют существенную роль при прогнозировании водопритоков в горные выработки и оценке запасов дренажных вод на месторождениях твердых полезных ископаемых со сложными природными условиями. В настоящей статье приведены методические приемы и способы расчета фильтрационных параметров двухслойной толщи Качарского месторождения в период строительства рудника по опыту опытно-эксплуатационного водопонижения.

Correct schematization, selection and justification calculation of hydrogeological couple of meters play a significant role in predicting water influx in mining and stock assessment of drainage water in deposits of solid minerals with difficult natural conditions. This article offers instructional techniques and methods of calculation of seepage parameters of the double-layer thickness Kačarskogo field in construction period of mine to experience experimental and operational water drawdown.

Приемы и методы расчета фильтрационных параметров основаны на использовании пространственно-временных закономерностей изменений уровней подземных вод двух водоносных горизонтов в пределах воздействия строительного водопонижения с разделением обобщенных и погоризонтных значений параметров. Эти исследования всегда представляли научный и практический интерес в изучении промышленного водоотбора и получения представительных данных для проектирования и эффективного развития систем осушения рудников.

Методика и техника обработки опыта производственного водопонижения в период строительства Качарского карьера имеет определяющее значение в оценке обводненности месторождения как в недавнем прошлом, так и в отдаленной перспективе [2, 3].

Наблюдательная режимная сеть скважин, оборудованных на основные водоносные горизонты, была создана через год после начала осушения на подземном дренажном комплексе карьера. Откачка велась из палеозойского водоносного комплекса непосредственно в дренажных штреках. Альб-сеноманский водоносный горизонт, залегающий на палеозойском фундаменте, дренировался этими же штреками. Таким образом, составляющими водоотлива из карьера являются водопритоки из палеозойского и альб-сеноманского водоносных горизонтов. Ход снижения уровней в наблюдательных скважинах, оборудованных как на палеозойский, так и на альб-сеноманский горизонты, свидетельствует о едином характере водопонижения в обоих горизонтах и их тесной взаимосвязи (см. рис. 3 и 4).

На рис. 1 показан график изменения водопритоков к подземному дренажному комплексу Качарского карьера, характеризующий ступенчатое изменение отбора подземных вод. Изменение суммарного дебита до июня 1983 г. довольно четко проявляется как двухступенчатое. Первая ступень (до июня 1982 г.) характеризуется величиной 35 м³/ч, вторая (с июня 1982 г. по июнь 1983 г.) - в среднем 100 м³/ч. Результаты водопонижения обработаны методом Джейкоба временным, площадным и

комбинированным методами прослеживания понижения уровня по наблюдательным скважинам в системе приведенного времени относительно дебита второй ступени ($Q_2 = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$ в течение одного года, а $Q_1 = 35 \text{ м}^3/\text{ч}$ в течение 10 мес). При этом контурная система дренажных выработок приведена к «большому колодцу» (рис. 2). При графоаналитическом способе временного прослеживания был использован график $S = A_t + C_t \lg t$ (где S - понижение уровня, м). Значения водопроницаемости пласта и коэффициента пьезопроводности определялись по угловым коэффициентам C_t , и начальным ординатам A_t , графиков временного прослеживания. Из графиков временного прослеживания понижений уровня подземных вод в скважинах, пройденных как по палеозойским, так и альб-сеноманским отложениям видно, что в режиме водоотлива выделяются два периода. Первый, продолжительностью до 500 суток соответствует квазиустановившемуся режиму фильтрации, второй отражает комплексное влияние граничных условий (рис.3, 4).

При способе площадного прослеживания были построены графики в координатах $S - \lg r$ с использованием зависимости $S = A_r - C_r \lg r$. Этот метод заключается в прослеживании изменения уровня в зависимости от расстояния r наблюдательной скважины до условного центра возмущения. Водопроницаемость пласта и коэффициент пьезопроводности определялись по угловому коэффициенту C_r непосредственно на графике и начальным ординатам A_r .

При определении гидрогеологических параметров пласта по данным режимных наблюдений был использован способ комбинированного прослеживания с помощью комбинированных графиков $S - \lg \frac{t}{r^2}$ и зависимости $S = A_k + C_k \lg \frac{t}{r^2}$ (рис. 4). При этом водопроницаемость пласта определялась по угловому коэффициенту C_k графиков, а пьезопроводность – по начальной ординате A_k .

Установление квазиустановившегося режима фильтрации подтверждается параллельными графиками площадного прослеживания понижения на моменты времени 323 и 500 сут. Резкое отклонение второго участка временного графика вверх характеризует влияние граничных условий после 500 сут., что также подтверждается графиками площадного прослеживания (рис. 5). Полученный параметр водопроницаемости по первому периоду характеризует суммарную водопроницаемость альб-сеноманской и палеозойской толщи ($60 \text{ м}^2/\text{сут.}$), что выражается единством формы графиков и одинаковыми темпами снижения уровней в пьезометрах обоих горизонтов. Из-за различия граничных условий горизонтов и их параметров оценка водопритоков выполнялась отдельно, а это в свою очередь потребовало определения доли участия каждого из них в общем притоке.

Доля участия обоих горизонтов в суммарном водоотливе определена путем расчленения притоков по восстающим скважинам, капезу в штреках и дренажным водам открытого водоотлива карьера. При этом доля альб-сеноманского горизонта устанавливалась по водопонижающим и восстающим скважинам, пробуренным соответственно с поверхности земли и из дренажных штреков.

Для количественной оценки участия этих водоносных горизонтов в общем водопритоке в горные выработки был использован также изотопно-гидрохимический метод. При этом была получена довольно близкая сходимость результатов указанных методов. Однако доля участия вод палеозойского комплекса по фактическим замерам является несколько завышенной из-за перетекания из альб-сеноманского водоносного горизонта.

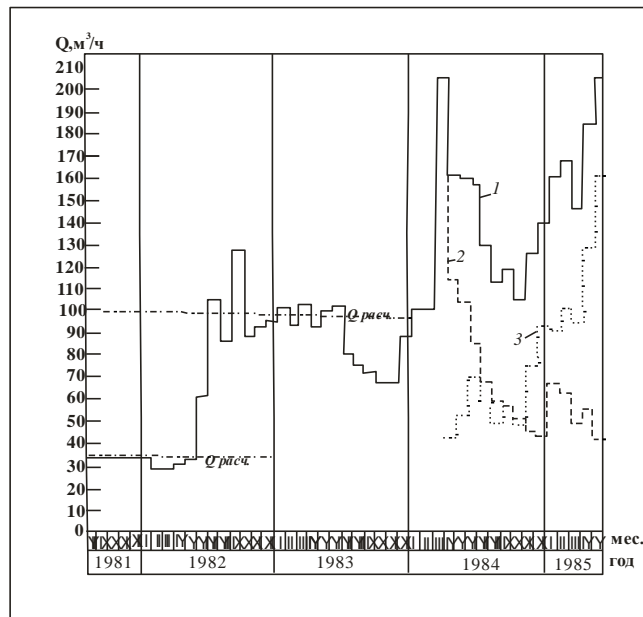


Рис. 1. Графики колебания водопритоков в подземный дренажный комплекс Качарского карьера:
 1-общие водопритоки; 2-водопритоки из палеозойского водоносного комплекса; 3- водопритоки из восстающих скважин альб-сеноманского водоносного горизонта.

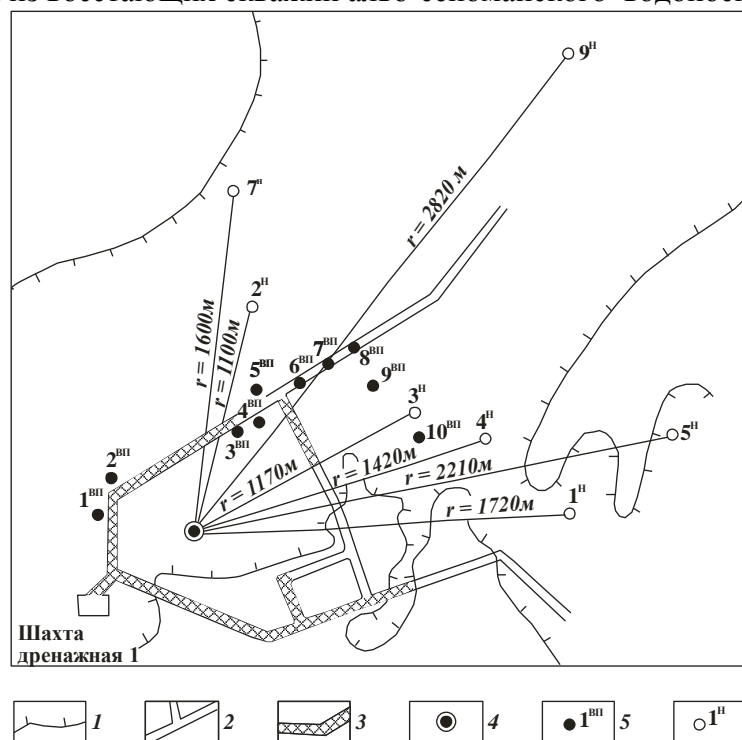


Рис. 2. Схема к расчету гидрогеологических параметров (по опыту строительства Качарского карьера 1985 г):

- 1- распространение альб-сеноманского водоносного горизонта;
- 2- проектные дренажные выработки; 3- пройденные дренажные выработки на 1985 г;
- 4- условный центр "большого колодца"; 5- водопонижительная скважина; 6 - наблюдательная скважина

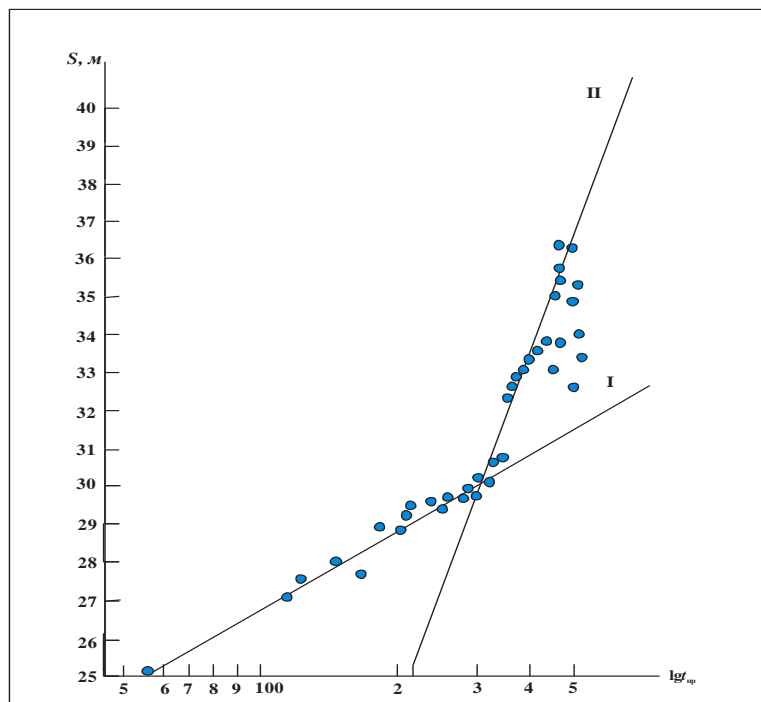


Рис.3 График временного прослеживания понижения уровня воды по скв. 9^H на Качарском месторождении (альб-сеноманский водоносный горизонт):
I и II- режимы водоотлива

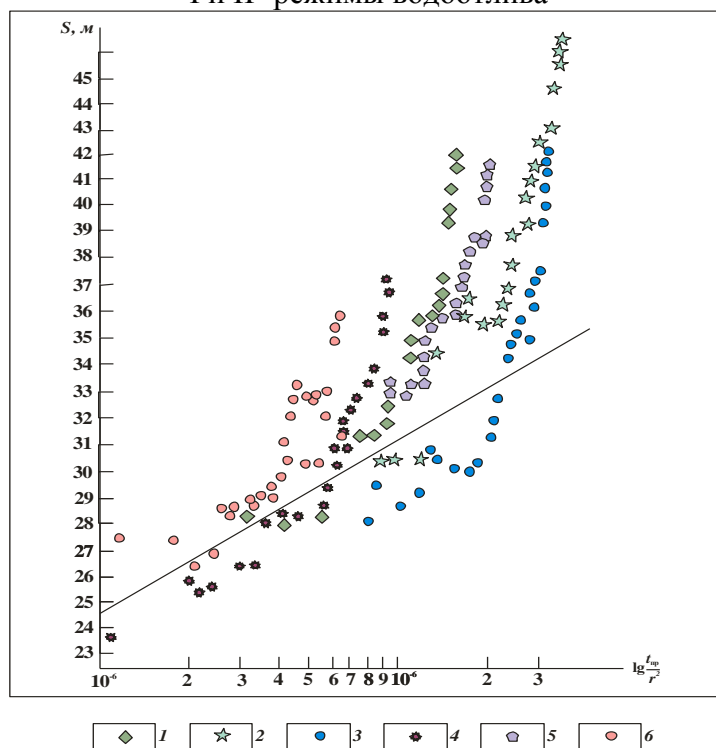


Рис.4. График комбинированного прослеживания понижения уровня воды палеозойского водоносного комплекса по скважинам:
1^H (1), 2^H (2), 3^H (3), 5^H (4), 7^H (5), 9^H (6)
 $C_i = 6,2$; $km = 69,7 \text{ м}^2/\text{сут}$; $A_i = 62,5$; $\lg \alpha = 9,57$; $\alpha = 3,17 \times 10^9 \text{ м}^2/\text{сутки}$

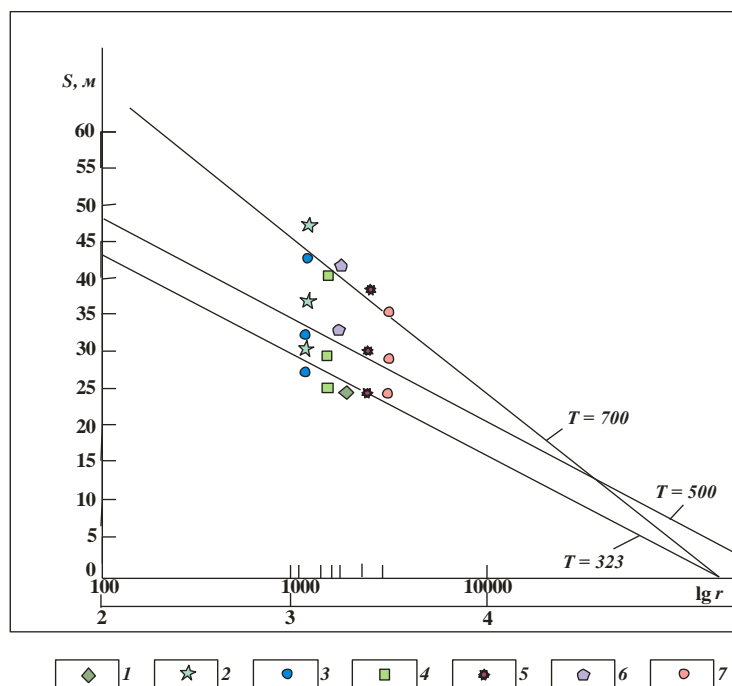


Рис.5. График площадного прослеживания понижения уровня воды $S - \lg r$ по наблюдательным скважинам альб-сеноманского водоносного горизонта: 1^H (1), 2^H (2), 3^H (3), 4^H (4), 5^H (5), 7^H (6), 9^H (7).
 При $T = 323$ сут: $C = 14$; $A = 72$; $t_{пр.} = 57$; $km = 62,74 \text{ м}^2/\text{сут}$; $\lg \alpha = 8,18$;
 $\alpha = 1,52 \times 10^8 \text{ м}^2/\text{сут}$. При $T = 500$ сут: $C = 14$; $A = 76$; $t_{пр.} = 277$; $km = 62,74 \text{ м}^2/\text{сут}$;
 $\lg \alpha = 8,06$; $\alpha = 1,15 \times 10^8 \text{ м}^2/\text{сутки}$.

По данным изотопного опробования, из $196,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, приходящихся на оба горизонта, доля палеозойского комплекса составляет только $29,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, а остальные $167,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ – это доля альб-сеноманского водоносного горизонта, что составляет 15 и 85 % от общего притока.

Приняв такое распределение притоков, получены следующие величины водопроводности ($\text{м}^2/\text{сут.}$) по горизонтам: для альб-сеноманского 51 ($60 \times 0,85$), для палеозойского 9 ($60 \times 0,15$). С учетом средней мощности (23,9 м) альб-сеноманских песков по трассе Северного дренажного штрека, на долю которого приходится 80 % общего притока, коэффициент фильтрации составляет 2,1 м/сутки. При средней мощности альб-сеноманских песков на месторождении 16,2 м расчетная водопроводимость пласта будет равна $32,4 \text{ м}^2/\text{сутки}$. Расчетное значение водопроводности палеозойской толщи Качарского месторождения исходя из соотношения вышеприведенных величин составит $5,7 \text{ м}^2/\text{сут.}$ Это значение сходится с величиной водопроводности $5,5 \text{ м}^2/\text{сут.}$, полученной по результатам более 40 опытных откачек, проведенных на месторождении в разные годы.

Коэффициент пьезопроводности, определенный по указанным выше графоаналитическим зависимостям, изменяется от 10^8 до $10^9 \text{ м}^2/\text{сут.}$ Столь высокие значения пьезопроводности объясняются влиянием граничных условий и перетеканием вод из альб-сеноманских песков, имеющих в плане форму замкнутого пласта-полосы. Она хорошо оконтуривается по материалам съемочных работ, выполненных на территории района в масштабе 1:50000, а также по результатам разведочных работ, проведенных на месторождении в разные годы (рис. 6). Поэтому в таких условиях для расчета истинного значения пьезопроводности согласно рекомендациям [1], обработка данных водопонижения проведена по графикам зависимости $S = \sqrt{t_{пр.}}$ и $S - \lg t_{пр.}$ для схемы

пласта-полосы и замкнутого пласта. Рассчитанные по ним обобщенные коэффициенты пьезопроводности для двухслойной толщи изменяются от 1 до 2×10^4 м²/сут. При этом среднее значение «обобщенной» пьезопроводности принято равным $1,16 \times 10^4$ м²/сут по трем наиболее удаленным палеозойским скважинам 5^н, 7^н и 9^н (рис. 7, табл. 1, 2). Расчетное значение коэффициента пьезопроводности палеозойской толщи определялось по формуле:

$$\frac{1}{\alpha_{об.}} = \frac{\frac{k_1 m_1 + k_2 m_2}{\alpha_1} + \frac{k_2 m_2}{\alpha_2}}{k_1 m_1 + k_2 m_2}$$

где α_1 и α_2 , $k_1 m_1$ и $k_2 m_2$ – это коэффициенты пьезопроводности и водопроводности соответственно альб-сеноманского горизонта и палеозойского водоносного комплекса; $\alpha_{об.}$ – обобщенное значение. Отсюда $\alpha_2 = 1,24 \times 10^5$ м²/сут. Величина α_1 определена по данным кустовой откачки из скв. 49^н, проведенной Фундаментпроектом на период квазиустановившегося режима, и составила 10^4 м²/сут.

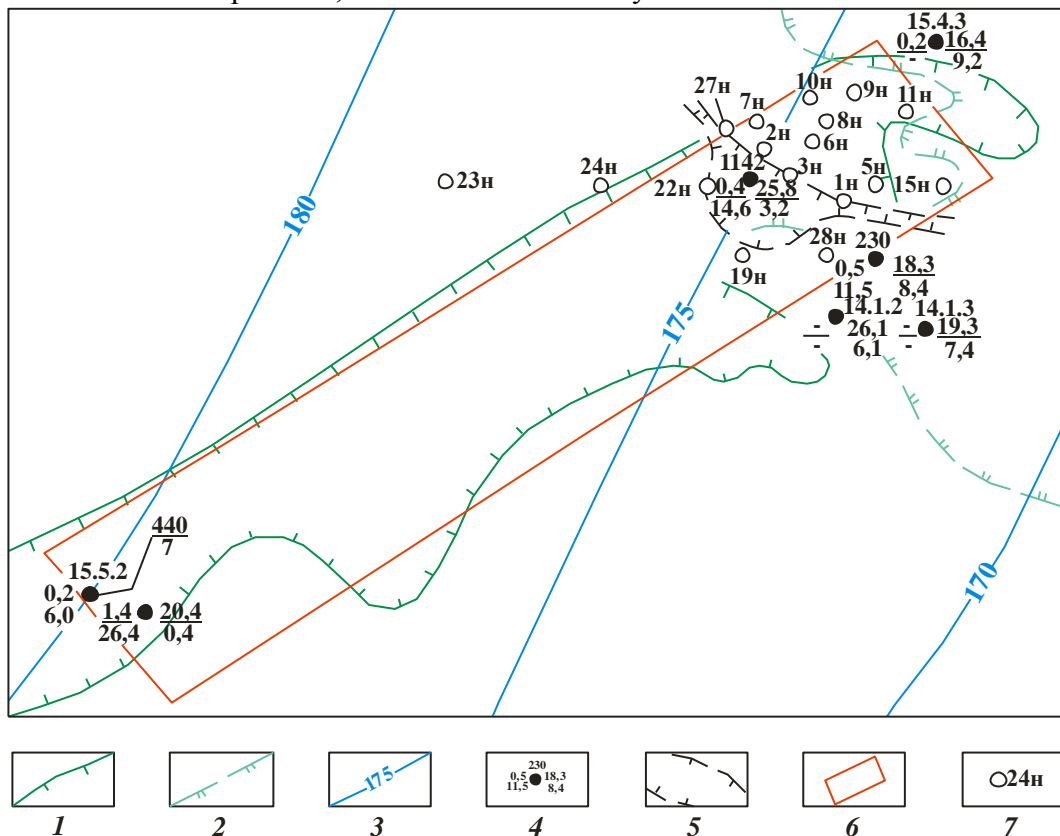


Рис. 6 Гидрогеологическая схема мелового водоносного комплекса в районе Качарского железорудного месторождения:

- 1 - контур распространения альб-сеноманского водоносного горизонта;
- 2 - контур распространения слабопроницаемых отложений верхнего мела (разделяющий слой между эоценовым и меловым горизонтами);
- 3 - гидроизогины на 1975 г. (ненарушенный режим);
- 4 - скважина и ее номер (в числителе слева - дебит, дм³/с; справа - глубина до воды, м; в знаменателе слева понижение, м; справа минерализация, г/дм³);
- 5 - контур карьера;
- 6 - схематизируемый пласт-полоса альб-сеноманского водоносного горизонта;
- 7 - наблюдательная скважина

Кроме того, параметры палеозойской толщи определены по результатам математического моделирования, проведенного на объекте по эпигнозной задаче в середине 80-х годов прошлого столетия. Так, пьезопроводность можно определить по известной водоотдаче 0,00006 (моделирование) с использованием зависимости $\alpha = km/\mu$, при $km=9 \text{ м}^2/\text{сут}$ $\alpha=1,5 \times 10^4 \text{ м}^2/\text{сут}$, что еще раз подтверждает правомочность принятого расчетного значения. Результаты обработки эксплуатационного и строительного водопонижения приведены в табл. 2.

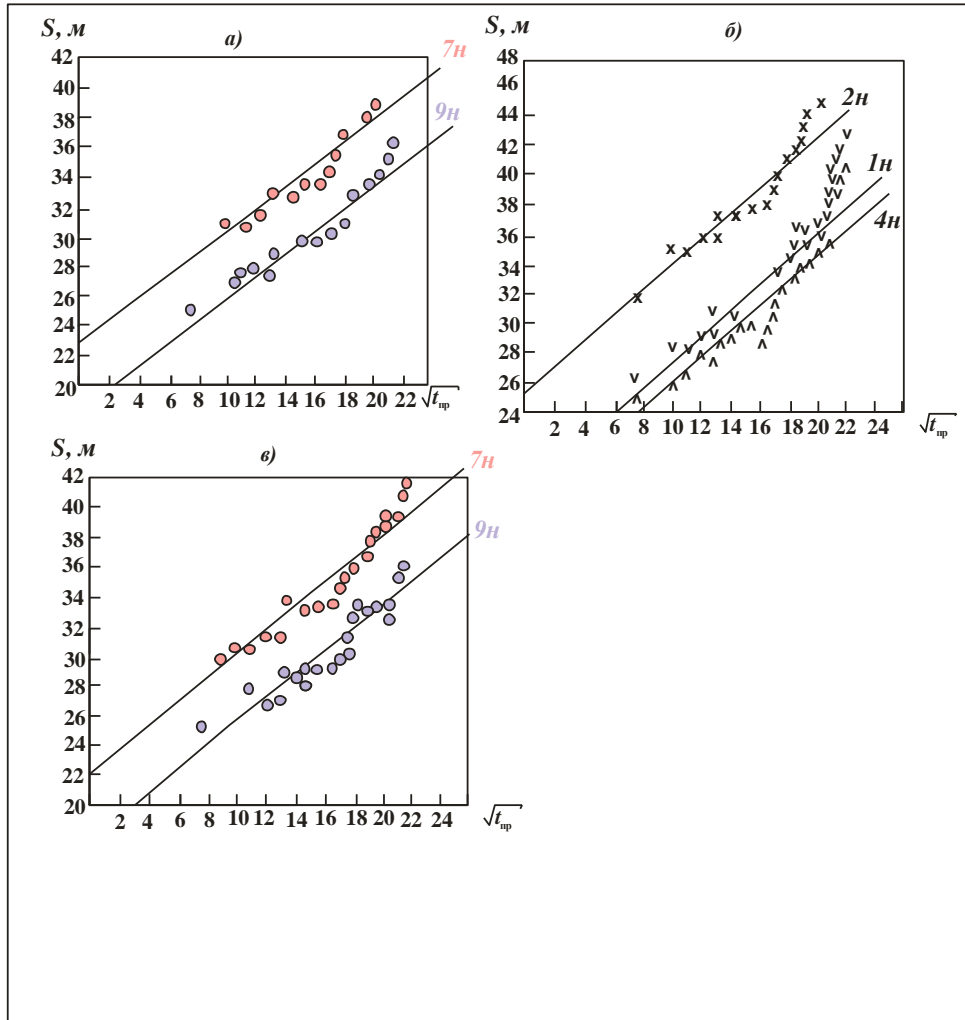


Рис. 7. Расчет пьезопроводности по графику $S - \sqrt{t_{\text{пр}}}$
 для схемы пласт-полоса:
 а, б - альб-сенманский водоносный горизонт;
 в - палеозойский водоносный комплекс

Таблица 1

Расчет пьезопроводности водоносных горизонтов

Номера скважин	Индекс водоносного горизонта или	$C = (S_2/\sqrt{t_2}) - (S_1/\sqrt{t_1})$	$\sqrt{a} = 1,78 \frac{km}{Q} LC$	α , м ² /сут
7 ^н , 9 ^н	K1al - K2sm	0,7166	100,45	10090
1 ^н , 2 ^н , 4 ^н	»	0,833	116,76	13630
7 ^н , 9 ^н	PZ	0,777	109,03	11886
1 ^н , 2 ^н , 4 ^н	»	0,769	107,83	11627
3 ^н , 5 ^н	»	0,750	105,13	11052
Расчетное значение		-	118,86	11052

Примечание. Для всех скважин и водоносных горизонтов $km=60$ м²/сут, $L=3150$ м, $Q=2400$ м³/сут.

Таблица 2

Фильтрационные параметры основных водоносных горизонтов и комплексов Качарского месторождения по данным строительного водопонижения

Водоносный горизонт или комплекс	Обобщенная водопроницаемость по прослеживанию понижения km , м ² /сут			Средневзвешенная пьезопроводность α , м ² /сут	
	временному $S - lg t_{пр.}$	площадному $S - \sqrt{t_{пр.}}$	комбинированному $S - lg t_{пр.} : r^2$	для схемы пласта-полосы $S - \sqrt{t_{пр.}}$	для закрытого пласта $S - lg t_{пр.}$
Альб-сеноманский	60,28	62,74	67,56	10090	10834
Палеозойс	59,97	53,24	69,7	11886	11881

кий					
Среднее	60,125	57,99	68,63	10988	11356
Расчетное	60,00	-	-	11600	-

В результате использования полученных по опыту строительного водопонижения расчетных гидрогеологических параметров двухслойной толщи Качарского месторождения, а также уточнения граничных условий альб-сеноманского водоносного горизонта прогнозные водоприитоки в горные выработки существенно уточнены (они стали в 5 раз меньше против значений, полученных на стадиях разведки) и послужили надежной основой для реорганизации системы осушения рудника.

Из вышеизложенного анализа опыта строительного водопонижения на одном из крупнейших железорудных предприятий Казахстана вытекают следующие принципиальные рекомендации:

1. Оценка обводненности любого месторождения начинается с поисково-оценочной стадии, когда определяются плановые и вертикальные границы водоносных горизонтов, определяемые, как правило, по данным гидрогеологической съемки масштаба 1: 200 000.

2. Расчеты фильтрационных параметров слагающих разрез месторождений водоносных толщ по данным одиночного опробования поисково-оценочных стадий требуют серьезного пересмотра и анализа на основе использования опыта строительства рудников, организации мониторинга за процессом строительного водопонижения и получения в результате кондиционных значений гидрогеологических параметров.

3. Особенно важным в процессе изучения опыта строительного и эксплуатационного водопонижения рудных месторождения является правильная организация сети наблюдательных скважин, оборудованных по принципу гидрогеологических узлов в виде ярусов на связанные и несвязанные водоносные гидродинамические зоны. Пространственное размещение узлов сети мониторинга должна охватывать зону интенсивного нарушения режима и должна позволять определить не только сами фильтрационные и емкостные параметры, но и возможный радиус воздействия эксплуатационного водопонижения.

4. Получение и обработка данных режимных наблюдений должна производиться графоаналитическими методами на основе пространственно-временных закономерностей (метод Джейкоба) с привлечением данных вспомогательных методов, позволяющих разделить объемы водоотлива из различных водоносных толщ (ядерно-гидрохимический, счетчики водомерные, марки насосов, часы их работы и пр.)

5. Данные строительного водопонижения в период строительства рудников – это основа для проектирования и реализации оптимальной системы осушения, позволяющей безопасно вести горные работы и избежать лишних затрат в период промышленной эксплуатации рудных месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра, 1979.
2. Весёлов В.В., Махмутов Т.Т., Едигенов М.Б. и другие. Гидрогеология и охрана окружающей среды горнорудных районов Северного Казахстана, М., 1992., 270 с.
3. Едигенов М.Б. Гидрогеология рудных месторождений Северного Казахстана, Костанай, 2013, 308 с.