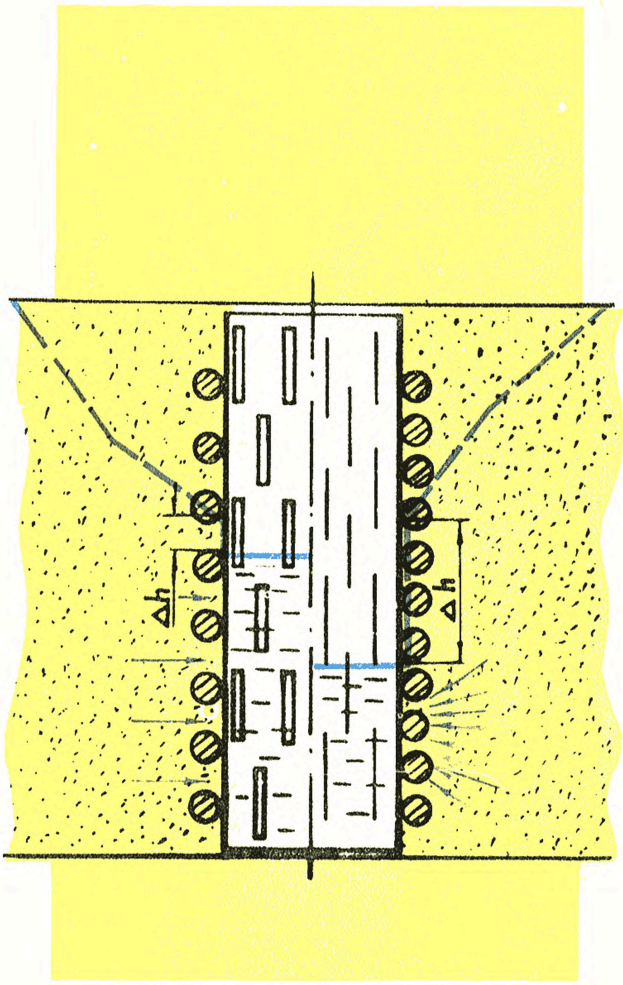


Методические рекомендации по выбору оптимальных параметров фильтров и оценке межремонтного периода дренажных скважин

Белгород 1984

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

Управление горного производства

Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу

В И О Г Е М

Утверждаю:
Директор института
И.Ф.Оконнич
27 декабря 1984г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРОВ И ОЦЕНКЕ МЕЖРЕМОНТНОГО ПЕРИОДА ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН

Белгород 1984

УДК 622.583:556

В рекомендациях приводятся требования и факторы, которые учитываются при выборе конструкций фильтров дренажных скважин. Даются сведения о материалах, применяемых при изготовлении фильтров, кратко охарактеризованы основные гидравлические параметры фильтров. Приводится методика подбора гидравлических параметров фильтров и прифильтровых зон скважин в различных гидрогеологических условиях.

Рекомендации предназначены для проектных и производственных организаций, занимающихся вопросами осушения месторождений полезных ископаемых.

Работа составлена кандидатами технических наук Алексеевым В.С. и Волковым Ю.И., инженером Юдиным А.Г. Утверждена на секции НТС 26 декабря 1984 г. в качестве методических рекомендаций.

© Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВИОГЕМ), 1984.

Решение сложной и многогранной проблемы повышения эффективности систем осушения в процессе их проектирования, сооружения и эксплуатации связано в значительной мере с разработкой перспективных конструкций водоприемной части дренажных скважин. Особенности, присущие процессу осушения, и, в частности, тот факт, что система осушения должна эксплуатироваться период времени, существенно превышающий срок стабильной работы практически всех типов дренажных устройств, не позволяют в полной мере использовать разработки, относящиеся к водозаборным сооружениям. В настоящих рекомендациях обосновывается именно такой подход к выбору конструкций фильтра и в целом водоприемной части, который учитывает указанные особенности дренажных скважин.

I. ТРЕБОВАНИЯ К ФИЛЬТРАМ ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ*

I.I. Требования к конотрукциям фильтров в значительной мере обусловливаются функциональным назначением дренажных скважин. Они определяются также общей структурой дренажной системы и технологией сооружения водоприемной части скважин .

I.2. При сооружении дренажных систем применяются несколько типов скважин. Водопонижающие скважины сооружаются с поверхности и предназначены для снижения уровня при принудительном отборе подземных вод насосами. Сквозные фильтры сооружаются с поверхности с выходом забоя в подземную горную выработку и предназначены для понижения уровня при самотечном поступлении подземных вод в подземную выработку. Восстающие скважины сооружаются из подземной горной выработки под различными углами к горизонту и предназначены для понижения уровня при самотечном поступлении подземных вод в горную выработку. Водопоглощающие скважины сооружаются с поверхности или из горной выработки и предназначены для осушения верхних водоносных горизонтов за счет перетока воды из них в нижние. Иглофильтровые скважины с поверхности сооружаются путем гидравлического заглубления фильтровых элементов небольшого диаметра и длины, предназначены в основном для осушения слабопроницаемых грунтов небольшой мощности. Горизонтальные скважины сооружаются в горизонтальной плоскости из открытых выработок и предназначены для уменьшения водопритока к откосам и уступам выработок. Дуговые скважины представляют собой разновидность горизонтальных, отличительной осо-

---

*Далее рассматриваемые дренажные устройства для краткости именуются скважинами.

бенностью их является то, что они проходятся из вертикальной горной выработки (шахтного колодца) и по радиальным направлениям от нее.

I.3. В структуре дренажной системы скважины могут располагаться на временных (например, рабочий борт карьера) и постоянных участках (например, нерабочий борт карьера или дренажная подземная горная выработка), на внешнем дренажном контуре (за пределами зоны ведения горных работ) и на внутреннем (в зоне ведения горно-транспортных работ),на водообильных участках и в пределах распространения слабопроницаемых пород(коэффициент фильтрации меньше 10^{-8}см/с).

I.4. Технология сооружения скважин может предусматривать установку фильтра после вскрытия водоносного горизонта (водопонижающие и горизонтальные скважины, сквозные фильтры), бурение через фильтр после эксплуатации скважины (как правило, сквозные фильтры), установку фильтра одновременно с вскрытием водоносного горизонта (восстающие и горизонтальные скважины), вскрытие водоносного горизонта фильтровой колонной (восстающие скважины и забивные фильтры).

I.5. С учетом целевого назначения,структуры дренажной системы и технологии сооружения скважины требования к фильтрам могут быть подразделены на две группы:общего и специфического характера.В пределах каждой группы могут выделяться направления:конструктивно-технологическое,экономическое и экологическое.Конструктивно-технологические требования составляют наиболее обширное и разработанное направление [6,4]. Формулировка требований экономического и экологического направлений разработана в основном в общем виде.

I.6. Конструктивно-технологические требования общего характера включают:

обеспечение стабильной и высокопроизводительной работы дренажной скважины;

исключение разрушения фильтра под действием механических нагрузок, проявления горного давления и динамических сил потока воды;

создание условий для устойчивого отбора воды из скважины при использовании современных погружных электронасосов;

обеспечение оптимальных условий для эксплуатации погружных электронасосов;

обеспечение образования устойчивой структуры прифильтровой зоны скважины;

снижение интенсивности выделения соединений, способных кольматировать породы водоносного горизонта, контактирующие с фильтром;

обеспечение использования для притока воды всего поперечного сечения пор породы в зоне контакта фильтр-порода;

исключение разрушения при механическом и химическом удалении кольматирующих осадков;

технологичность изготовления;

исключение заиливания ствола скважины;

использование недефицитных материалов.

I.7. Конструктивно-технологические требования специфического характера проявляются в зависимости от конкретных условий и довольно многообразны. К числу наиболее распространенных требований к фильтрам при эксплуатации дренажных систем относятся:

способность легко разрушаться вскрышными механизмами при подработке скважин бортом карьера;

способность противостоять механическим нагрузкам при вскрытии водоносного горизонта фильтровой колонной;

обеспечение возможности нанесения антикоррозийных покрытий;

обеспечение надежной эксплуатации скважин в самотечном режиме при незатопленной водоприемной части;

исключение в прифильтровой зоне больших величин скин-эффекта(потерь напора);

создание условий для получения в прифильтровой зоне отрицательных значений обобщенного показателя сопротивления при отсутствии гравийной обсыпки;

обеспечение отбора воды из слабопроницаемых пород;

устойчивость против химической и электрохимической коррозии при отборе вод с повышенной минерализацией (агрессивных вод).

I.8. Параметры фильтра должны обеспечивать оптимальные экономические показатели работы скважины в течение всего расчетного периода. Следует отметить, что выбор параметров фильтра для условий $Q_c = Q_п$ и $t_э = t_р$ (Q_c и $Q_п$ - эксплуатационный и требуемый(проектный) дебиты скважин, $t_э$ и $t_р$ - время эксплуатации и расчетный период времени соответственно) неоднозначно влияет на капитальные вложения и затраты на откачку воды. При установке фильтра с высокими значениями гидравлических потерь на нем капитальные вложения, как правило, меньше, чем для фильтра с небольшими потерями. Для текущих затрат на откачку воды это соотношение имеет обратный характер. При эксплуатации скважин в самотечном режиме экономия капитальных вложений на одной скважине может привести к росту затрат по всей дренажной системе.

I.9. Экологические требования к фильтрам заключаются, главным образом, в использовании материалов, исключающих загрязнение подземных вод и не ухудшающих их качественный состав. Это требование выдерживается практически во всех случаях.

2. ФАКТОРЫ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ВЫБОРЕ ФИЛЬТРОВ СКВАЖИН

2.I. Основными факторами, которые учитываются при выборе конструкции фильтра, являются: гидрогеологические условия и геологическое строение; литологический и механический состав контактирующих с фильтром водоносных пород; фильтрационные и кольматационные процессы в прифильтровой зоне; условия эксплуатации скважины; технические средства и технология оборудования водоприемной части; требуемая степень снижения уровня подземных вод; гидрохимические и бактериологические условия; технико-экономические показатели.

2.2. Гидрогеологические условия и геологическое строение анализируются с позиций глубины распространения водоносного горизонта, его мощности, анизотропии фильтрационных свойств как в плане, так и в разрезе. С ростом глубины установки фильтра должны увеличиваться его прочностные свойства. В водоносных горизонтах большой мощности при длине фильтра меньше мощности пласта и установке с примыканием к кровле нижнего водоупора следует учитывать несовершенство скважины по степени вскрытия пласта. Установка фильтра в рыхлых обводненных породах при небольшой глубине скважины позволяет упростить его конструкцию, так как в этих условиях обычно применяется гравийная обсыпка, при больших же глубинах скважин конструкции фильтров, как правило, усложняются в связи с трудностью сооружения гравийных обсыпок.

2.3. Литологический и механический состав водонасыщенных пород, которые находятся в непосредственном контакте с фильтром, во многом определяет конструкцию последнего. При дренировании скальных и полускальных трещиноватых пород применяются наиболее простые конструкции, состоящие из трубчатого каркаса и обеспечивающие эффективную работу скважин. Достаточно легко решается вопрос выбора параметров фильтра (формы и размеры проходных отверстий, скважность и пр.) и при дренаже рыхлых пород, имеющих средний размер частиц $d_{50} > I$ мм. Как правило, в таких породах могут использоваться однокаркасные конструкции с щелевой перфорацией. Сложнее принять решение по конструкции водоприемной части при водоотборе из средне-, мелкозернистых и пылеватых песков. В этих условиях скважины, кроме фильтра, имеют или гравийную (водопонижающие скважины и сквозные фильтры), или естественную обсыпку, а в некоторых случаях водоприемную каверну (восстающие скважины, забивные фильтры). Состав и параметры гравийных обсыпок рассчитываются в соответствии с имеющимися рекомендациями [6,7] на основе фильтрационных свойств водоносного горизонта, обсыпки и геометрических критериев процесса суф-

фозии. Создание в прифильтровой зоне естественных обсыпок или водоприемных каверн находится в стадии разработки. Имеющиеся рекомендации свидетельствуют о существенном увеличении дебита таких скважин и появление возможности быстрого и интенсивного снижения уровня подземных вод (скорость снижения уровня увеличивается в I,5 - 2 раза). Наибольшая интенсивность роста дебита отмечается при объе - мах вынесенного через фильтр песка, изменяющихся в пределах от 5 до I20 $м^3$.

2.4. Особенности фильтрации подземных вод в прифильтровой зоне скважины таковы, что они вызывают ряд явлений, существенно влияющих на выбор конструкции и параметров фильтра. Применительно к условиям эксплуатации дренажных скважин можно выделить три наиболее существенных по влиянию группы явлений:

механические деформации грунта, вызываемые динамическими силами протекающей воды (суффозия), а также механическая кольматация, обусловленная скин-эффектом и осаждением взвешенных частиц;

осадкообразование, зависящее от химического состава подземных вод, микробиологических условий, материала фильтра и режима эксплуатации дренажного устройства;

химическая и электрохимическая коррозия, обусловленная материалом фильтра и агрессивностью подземных вод.

Развитие структурных деформаций связано со сложным гранулометрическим составом водосодержащих пород, завышением размеров проходных отверстий фильтра и несоблюдением оптимального режима водоотбора. В период освоения скважины структурные перестройки в прифильтровой зоне играют положительную роль, в период эксплуатации они должны быть исключены для водопонижающих и горизонтальных скважин и с малой интенсивностью протекать на восстающих скважинах и сквозных фильтрах.

Осадкообразование наиболее интенсивно протекает при отборе вод с повышенной минерализацией и установке фильтров без антикоррозийного покрытия. Существенно ускоряются процессы накопления осадков в водоприемной части сквозных фильтров, а также на неэксплуатируемых скважинах при установке легко корродируемых конструкций фильтров. В составе осадков, кольматирующих прифильтровую зону скважин, преобладают соли железа и кальция (до 60-70%), прочность осадков на внешней стенке фильтра после I0-летней эксплуатации скважин достигает 2-3 МПа при сжатии по направлению радиуса фильтра.

Химическая и электрохимическая коррозия развивается практически во всех случаях, когда фильтр имеет металлические элементы конструкции. Данные натурных исследований свидетельствуют, что диаметр

опорных стержней проволочных фильтров в отдельных случаях уменьшается в 3 раза по сравнению с первоначальным.

2.5. Наиболее сильно условия эксплуатации влияют на выбор конструкции водоприемной части при сооружении сквозных фильтров и горизонтальных скважин. Для этих видов дренажных устройств характерным является наличие свободного доступа воздуха к фильтру, что интенсифицирует процессы осадкообразования и ведет к ухудшению гидравлических свойств фильтра. Рационально для оборудования водоприемной части сквозных фильтров и горизонтальных скважин использовать инертные материалы или применять антикоррозийное покрытие. На горизонтальных скважинах следует исключить также заиление ствола, используя для этого защитные покрытия (сетки из синтетических волокон) или фильтры на их основе.

2.6. Технология оборудования водоприемной части достаточно хорошо разработана для водопонижающих скважин. Имеется ряд эффективных приемов, позволяющих использовать рациональные конструкции фильтров [6,4] . Технология сооружения сквозных фильтров имеет ряд существенных недостатков. При переоборудовании водопонижающих скважин в сквозные фильтры бурением с промывкой глинистым раствором происходит сильная кольматация водоприемной части, ведущая к уменьшению дебита в 2-3 раза, и такое положение не может быть изменено подбором более совершенного фильтра. При сооружении восстающих скважин водоносный горизонт зачастую вскрывается фильтровой колонной, что предполагает по крайней мере бурение последней некоторого интервала по глинистому водоупорному слою, а это при сложной конструкции фильтра (например, состоящего из трубчатого каркаса и проволочной обмотки) создает благоприятные условия для его заглинизации. Перспективным представляется использование фильтров, состоящих только из перфорированного каркаса или со скважностью до 70 - 80%.

Для сложных конструкций могут применяться защитные составы: водорастворимые пасты, предохраняющие водоприемную часть фильтра от кольматации глинистыми частицами, или экран на основе водорастворимого полимера и зернистого наполнителя. У такого экрана при установке фильтра в водоносном горизонте происходит постепенное растворение полимера, а зернистый наполнитель образует обсыпку.

2.7. Требуемая степень снижения уровня подземных вод в настоящее время весьма редко учитывается при выборе конструкции как фильтра, так и всей водоприемной части скважины. Однако этот фактор играет основную роль, так как является целью эксплуатации системы осушения. Оборудование скважин фильтрами, обладающими высокими гидрав-

лическими сопротивлениями и склонными в конкретных условиях к значительному увеличению этих сопротивлений в короткий промежуток времени, приводит к существенным потерям напора в прифильтровой зоне(до 10 м и более).При этом даже большие понижения уровня в самой скважине не позволяют достичь необходимых остаточных напоров в пласте. Результатом является уменьшение расстояний между скважинами и рост их количества. Практически во всех случаях, в особенности при некоторых системах подземной разработки месторождений, следует стремиться к сооружению водоприемной части, имеющей отрицательные значения показателя обобщенного сопротивления в течение всего расчетного периода работы скважин.

2.8. Анализ гидрохимических и биологических условий связан с оценкой возможности выпадения в осадок кольматирующих соединений при изменении термодинамических параметров водоносных горизонтов и взаимодействия подземных вод с воздухом. При интенсивном протекании химического и биологического кольматажа в прифильтровой зоне скважин и длительном периоде эксплуатации требуется установка фильтров с большой величиной скважности.

2.9. Экономические факторы учитываются при оценке стоимости фильтра. Обычно в скважинах временного назначения устанавливаются менее дорогие фильтры, чем в скважинах, рассчитанных на длительный срок эксплуатации.

2.10. Анализ перечисленных факторов значительно усложняется вследствие их взаимодействия между собой, а также вероятностного характера их проявления в конкретной обстановке. Тем не менее функционирование производства требует надежной эксплуатации дренажных скважин в течение всего расчетного периода. Поэтому выбор конструкции фильтра и всей водоприемной части является ответственной задачей, успешное решение которой не всегда может быть обеспечено путем логических построений, основанных на уже выявленных закономерностях.

3. ПАРАМЕТРЫ ФИЛЬТРОВ СКВАЖИН, ОЦЕНКА ИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

3.1. Фильтры скважин характеризуются геометрическими и гидравлическими параметрами. Для простых конструкций фильтров практически все параметры могут быть получены по аналитическим зависимостям, для сложных требуется дополнительно проведение стендовых испытаний.

3.2. К геометрическим параметрам фильтра относятся его диаметр, длина, форма и размеры пропускных отверстий, скважность и т.д. Сре-

ди гидравлических параметров наибольшее распространение получили комплексный показатель $\mu\eta$, связывающий скважность η и коэффициент расхода фильтра μ; сопротивление фильтра; показатель обобщенного сопротивления фильтра, являющийся также комплексной характеристикой, указывающей на общее сопротивление фильтра и прифильтровой зоны; коэффициент водопроницаемости фильтра. Эффективность фильтра оценивается также величиной удельного дебита скважины. Однако последний показатель большей частью зависит от фильтрационных свойств водоносного пласта, особенностей его вскрытия и освоения.

3.3. Геометрические параметры фильтра в настоящее время подбираются однозначно в соответствии с уровнем технического развития, составом контактирующих пород, мощностью водоносного горизонта и величинами гидравлических потерь на несовершенство по степени вскрытия пласта.

3.4. Комплексный параметр $\mu\eta$ дает представление о распределении потерь напора по длине фильтра. Достоинством этого параметра является учет контактных сопротивлений и возможность его определения в лабораторных и полевых условиях (по данным расходометрии).

3.5. Сопротивление фильтра $\ell_{12ф}$ в чистом виде определяется по аналитическим зависимостям для простых конструкций фильтров, состоящих из трубчатого каркаса. В остальных случаях достоверность определения этой величины значительно снижается [6].

3.6. Показатель обобщенного сопротивления фильтра является одним из наиболее представительных параметров и может служить критерием эффективности той или иной конструкции водоприемной части. Методика его определения позволяет выполнять оценочные работы в полевых условиях в различные периоды эксплуатации скважины и тем самым следить за динамикой изменения сопротивления и гидравлических потерь в прифильтровой зоне во времени. В настоящее время имеется обширный фактический материал по величине этого показателя для разных конструкций фильтров в различных гидрогеологических условиях.

3.7. Коэффициент водопроницаемости фильтра оценивается сравнительно недавно. Достоинством этого показателя является возможность проведения испытаний на любых конструкциях фильтров, независимо от сложности водоприемной поверхности, что позволяет производить объективную сравнительную оценку фильтров и вырабатывать направления в их конструировании. Коэффициент водопроницаемости фильтра по своему физическому содержанию идентичен коэффициенту

фильтрации, что позволяет сопоставлять свойства фильтров с фильтрационными характеристиками пористой среды, в которой они устанавливаются. Результаты определений коэффициента водопроницаемости различных типов и конструкций фильтров приведены в работе [8].

По величине коэффициента водопроницаемости K_1 лучшими гидравлическими свойствами обладают каркасно-стержневые (K_1 = 1,5 - 2,5 см/с), спирально-проволочные (K_1 = 1,9 - 2,0 см/с) и приближающиеся к ним по этому параметру проволочные фильтры на трубчатом каркасе (K_1 = 0,42-1,8 см/с). Для сетчатых фильтров и фильтров с водоприемной поверхностью из штампованного листа с трубчатым каркасом коэффициент водопроницаемости примерно в 5 раз меньше. Образцы блочных конструкций фильтров из пористого бетона характеризуются значениями K_1, равными 0,04 и 0,007 см/с; из титановой крошки - K_1, равными 0,016 и 0,002 см/с [1].

4. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИЛЬТРОВ

4.1. Фильтры дренажных устройств изготавливаются из двух основных групп материалов - металлов и неметаллов.

4.2. Металлы являются основным, наиболее традиционным материалом. В СССР металлическими фильтрами оборудуется около 70% дренажных устройств. Это обусловлено тем, что металлические фильтры обеспечивают высокую прочность конструкции. Металлические фильтры простых конструкций изготавливаются из стали, реже из стали с покрытием ее цветными металлами. Изготовление фильтров простых конструкций осуществляется двумя способами - перфорацией обсадных труб или жестким скреплением отдельных элементов.

4.3. Для защиты металлических фильтров от коррозии применяются покрытия на основе цветных металлов (цинк, латунь) и химических составов на основе полимерных материалов.

4.4. Для подземных вод с высокой минерализацией возможно применение фильтров из некорродируемых металлов (никеля, титана), а также фильтров блочного типа, получаемых спеканием металлических частиц. У таких фильтров высокая химическая стойкость обеспечивается за счет образования на поверхности оксидной защитной пленки.

4.5. Неметаллические фильтры изготавливаются в основном из керамики, гончарных труб, асбестоцемента, бетона, гравия и пластмасс.

4.6. Фильтры из асбестоцементных труб используются в водопоникающих скважинах.

4.7. Фильтры из пористых материалов (керамики, пористого бетона, керамзито-бетона) используются в основном в горизонтальных дренах -

ных устройствах (с применением песчаных гравийных обсыпок) с низкими дебитами и при относительно невысокой минерализации подземных вод.

4.8. Гравийно-клеевые фильтры получают склеиванием частиц гравия различными составами. Эти фильтры целесообразно применять в горизонтальных дренажных устройствах, хотя они используются и в вертикальном дренаже.

4.9. Фильтры из пластмасс получают перфорацией полимерных труб. В качестве материала используются полиэтилен, поливинилхлорид, полимерные композиционные материалы. В сложных по конструкции фильтрах, с несколькими поверхностями фильтрации, используются сетки и шнуры из этих материалов.

Перспективным является использование полимерных композиционных материалов на основе стекломинерального наполнителя и эпоксидных связующих, которые обладают высокой механической прочностью, устойчивы к агрессивному воздействию минерализованных подземных вод.

5. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФИЛЬТРОВ В СКВАЖИНАХ ПРИ ОСУШЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

5.1. Наибольшее распространение при осушении месторождений получили четыре типа фильтров: проволочные, с водоприемной поверхностью из штампованного листа, сетчатые и фильтры-каркасы из перфорированных труб. При оборудовании водопонижающих скважин и сквозных фильтров в рыхлых породах применяются в основном два первых типа. Ими оборудовано на разных месторождениях от 75 до 95% скважин. В качестве примеров ниже описаны конструкции водоприемной части скважин на отдельных железорудных месторождениях.

5.2. На водопонижающих скважинах и сквозных фильтрах дренажных систем карьеров Старооскольского района КМА применялись в основном проволочные фильтры с гравийной обсыпкой (95% от общего количества). Фильтры имели длину, равную 0,4-0,7 мощности осушаемых пород, представленных песками со следующими параметрами: эффективный диаметр d_{10} = 0,08 - 0,12 мм, средний диаметр d_{50} = 0,16 - 0,39 мм, коэффициент неоднородности $K_н \leqslant 5$. Каркас фильтров был перфорирован отверстиями круглой (20% от общего количества) или щелевой формы. Скважность каркаса изменялась от 11 до 27%. Проволочная обмотка имела зазоры от 0,5 до 2,0 мм, штампованный лист - до 1,0 мм. Гравийная обсыпка имела толщину до 70 мм и размер зерен 2-6 мм.

5.3. На скважинах систем осушения карьеров Соколовско-Сарбайс-

кого ГОКа также применялись проволочные фильтры с гравийной обсыпкой. Осушаемые породы были представлены песками с характерными параметрами: d_{10} = 0,007 – 0,053 мм, d_{50} = 0,II–0,67 мм, $8 \leq K_н < 50$. Каркасы фильтров были перфорированы круглыми (около 75% от общего количества) или щелевыми отверстиями. Скважность каркасов изменялась от I7 до 28%. Водоприемная поверхность выполнялась из нержавеющей проволоки с зазором между витками I–2 мм. Обсыпка фильтров выполнялась из гравия с размером зерен I–7 мм [5].

5.4. На водопонижающих скважинах Южно-Белозерского месторождения преимущественно использовались фильтры проволочные и из штампованного листа на трубчатом каркасе. Параметры дренируемых песков: d_{10} = 0,06–0,I8 мм, d_{50} = 0,27–0,9 мм, $3 < K_н < I3$. Пропускные отверстия на каркасах в основном щелевые (до 80%), скважность каркаса изменялась от I0 до 25%. Проволочная обмотка имела зазоры между витками 0,5–I,5 мм (без гравийной обсыпки) и I,0 – 3,5 мм (с гравийной обсыпкой). Штампованный лист имел отверстия I,0–I,5 мм (при установке фильтра без обсыпки) и 2,5–3,0 мм (при наличии гравийной обсыпки). 40% скважин было оборудовано гравийной обсыпкой уширенного контура (толщина достигала 500 мм) [2].

5.5. На всех месторождениях применяемые фильтры не имели антикоррозийного покрытия. Период эффективной работы составлял 2–3 года при толщине гравийной обсыпки до 70 мм и 5–7 лет при увеличении толщины до 500 мм. Показатель обобщенного сопротивления в первые годы эксплуатации на высокодебитных скважинах достигал значений 4,0.

5.6. Занижение коэффициента мелкослойности при подборе гравийной обсыпки приводило к снижению дебитов скважин до I0 м³/ч (вследствие механической кольматации фильтра и прифильтровой зоны).

5.7. При отсутствии гравийных обсыпок в большинстве случаев для высокодебитных скважин отмечался устойчивый во времени вынос песка из водоносного горизонта в количествах, превышающих допустимые нормы.

5.8. В восстающих скважинах основное применение находят фильтры-каркасы и проволочные фильтры. Скважность фильтров не превышает I0–I5%. Размеры пропускных отверстий при исключении выноса песка находятся в пределах среднего диаметра частиц контактирующих с фильтром пород, при формировании естественной обсыпки или каверны в прифильтровой зоне ширина щелей увеличивается до 3–5 мм. Иногда фильтры для восстающих скважин имеют второй каркас (из перфорированной трубы), предназначенный для защиты собственно фильтра от загрязнения при бурении водоупорных слоев [3].

5.9. Конструкции фильтров на дренажных системах указанных месторождений обеспечили их высокую механическую прочность, производительность скважин в пределах 30-80 $м^3/ч$ в первые три года эксплуатации (на Юшно-Белозерском месторождении дебиты скважин достигали 300 $м^3/ч$), позволяли применять на скважинах различные методы интенсификации водоотбора.

5.10. К числу основных недостатков конструкций водоприемной части следует отнести способность к химической кольматации и вследствие этого заметное снижение дебитов скважин после 2-3 лет работы. Отсутствовала также дифференциация конструкций по структурному расположению скважин в системе осушения. Выбор конструкции фильтра не всегда учитывал требование достижения необходимой степени осушения месторождения в заданные сроки.

6. ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРОВ ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЖРЕМОНТНОГО ПЕРИОДА

6.1. Интенсификация работы дренажных скважин может быть достигнута выбором рациональной конструкции водоприемной части, имеющей наилучшие гидравлические показатели на протяжении всего расчетного периода работы скважин.

6.2. Задача об определении параметров водоприемной части дренажных скважин, сооружаемых в рыхлых водоносных отложениях, формулируется следующим образом. Требуется подобрать такие геометрические характеристики r_1, r_2, r_3 и $r_к$, которые соответствуют внутреннему и внешнему радиусам фильтра, радиусу прифильтровой зоны и зоны кольматажа, и гидравлические параметры K_1 и K_2, соответствующие коэффициентам водопроницаемости фильтра и фильтрации гравийной обсыпки (прифильтровой зоны), чтобы в течение расчетного периода времени $t_р$ скважина работала с наибольшей эффективностью. Следует также учесть, что через определенный промежуток времени (межремонтный период), равный $t_м$, на скважине могут проводиться работы по улучшению гидравлических свойств водоприемной части.

6.3. Гидравлические свойства водоприемной части комплексно выражаются через показатель обобщенного сопротивления, который определяется из выражения

$$\ell_э = 2\left(\frac{K_э}{K_1}\ln\frac{r_2}{r_1} + \frac{K_э}{K_2}\ln\frac{r_э}{r_2}\right) + \left(\frac{K_э}{K_2}\exp 3\frac{t}{\tau_0} - 1\right)\ln\frac{r_к}{r_1}, \qquad (1)$$

где $K_э$ - коэффициент фильтрации водоносного пласта; τ_0 - вре-

мя релаксации, мес; t - время эксплуатации скважины, мес.

6.4. Из зависимости (I) следует, что при выполнении условия

$$\frac{K_3}{K_2} \exp\left(3\frac{t}{\tau_0}\right) \geq 1 \qquad (2)$$

показатель обобщенного сопротивления скважины будет положительным. В этом случае коэффициент фильтрации прифильтровой зоны K_2 всегда меньше коэффициента фильтрации пласта K_3. Поэтому, начиная с момента выполнения условия $\ell = 0$, гравийная обсыпка и фильтр, предназначенные для улучшения гидравлических свойств прифильтровой зоны, теряют свой основной конструктивный смысл. Время, когда наступает равенство $\ell = 0$, можно считать максимальным пределом времени эффективной эксплуатации скважины $t_э$; при $t \geq t_э$ эксплуатация скважины становится неэффективной.

6.5. Для подбора параметров водоприемной части, обеспечивающих эффективную работу скважины в течение требуемого времени, следует выполнить многовариантные расчеты по зависимости (I) при $\ell = 0$ и ограничениях технического характера:

$$r_к > r_1 e^{A-\ell} \; ; \qquad (3)$$

$$A = \frac{K_3}{K_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{K_3}{K_2} \ln \frac{r_3}{r_2} \; ; \qquad (4)$$

$$r_1 < r_2 < r_3 < r_к \; ; \qquad (5)$$

$$K_3 < K_1 < K_2 \; ; \qquad (6)$$

$$r_1 \leq r_{1q} \; ; \quad r_2 \leq r_{2q} \; ; \qquad (7)$$

$$K_1 \leq K_{1q} \; ; \quad K_2 \leq K_{2q} \; ; \qquad (8)$$

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 8 \div 12 \; ; \qquad (9)$$

$$t_м \leq t_р \; , \qquad (10)$$

где r_{1q}, r_{2q} - допустимые значения соответственно внутреннего и внешнего радиуса фильтра см; K_{1q}, K_{2q} - допустимые значения соответственно коэффициента водопроницаемости фильтра и гравийной

обсыпки (прифильтровой зоны); D_{50} – средний диаметр частиц, см; d_{50} – средний диаметр частиц песка водоносного пласта, см.

6.6. Выполнение расчетов по зависимости (I) может производиться на ЭВМ по программе, блок-схема которой представлена на рис. I (для ЭВМ типа НАИРИ).

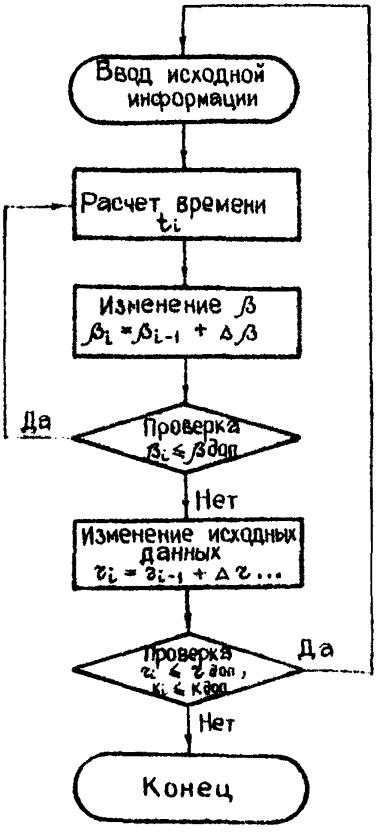


Рис. I. Блок-схема для расчета времени эксплуатации скважины

6.7. Ниже приводятся результаты анализа расчетов по вариантам, представляющим наибольший практический интерес (рис. 2–5). Наибольшее влияние на величину времени эффективной работы скважины оказывает изменение гидродинамических параметров K_3/K_2 и K_3/K_1. При этом для малых величин этих параметров основным является изменение K_3/K_2, т.е. фильтрационных свойств и состава сооружаемой в прифильтровой зоне гравийной обсыпки. При значениях K_3/K_2 от $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ и одной и той же величине $\beta = 1/\tau$ изменения других параметров ($\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_K, K_3/K_1$) оказывают весьма несущественное влияние (рис. 3).

6.8. Увеличение интенсивности кольматажа существенно снижает во времени эффективность работы скважин. Так, при β = = 0,05 и значениях параметров K_3/K_1 = 0,1; K_3/K_2 = 0,05; τ_1=0,14 м; τ_2 = 0,15 м; τ_3 =0,2 м; τ_K =0,25 м период эффективной работы скважины $t_э$ = 58 мес, увеличение же β в 2 и 3 раза приводит к уменьшению $t_э$ до 30 и 20 мес.

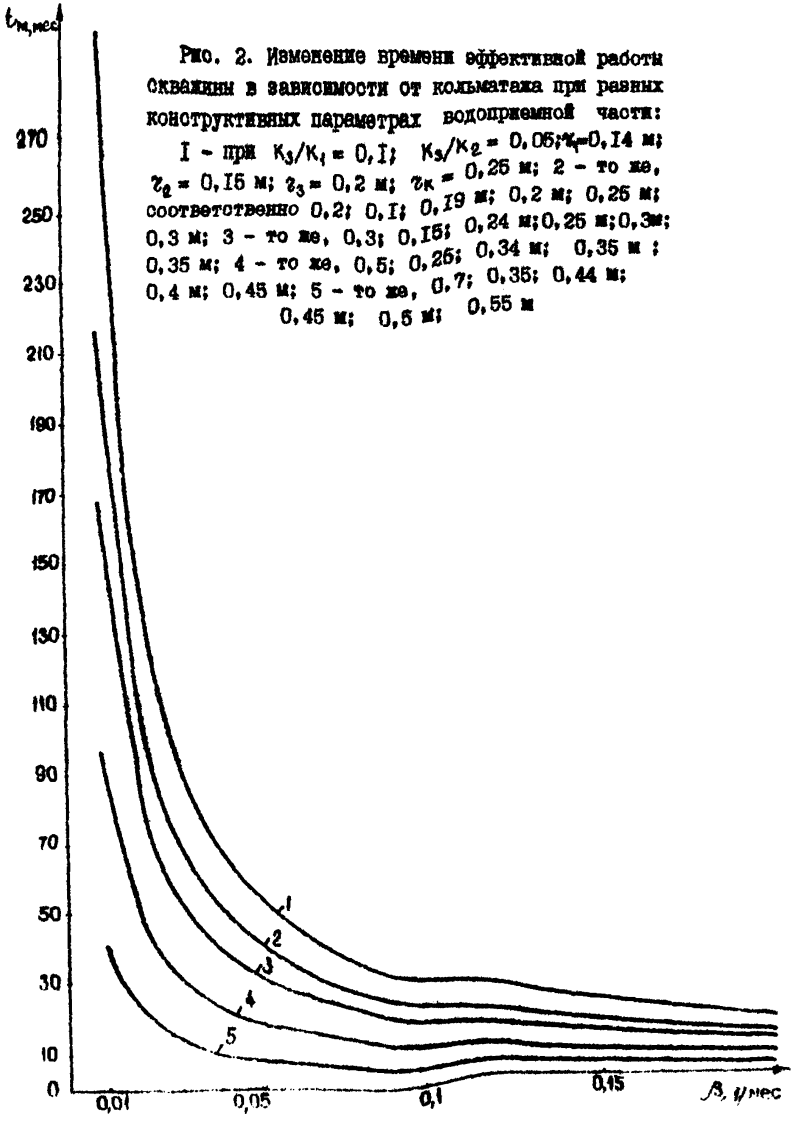
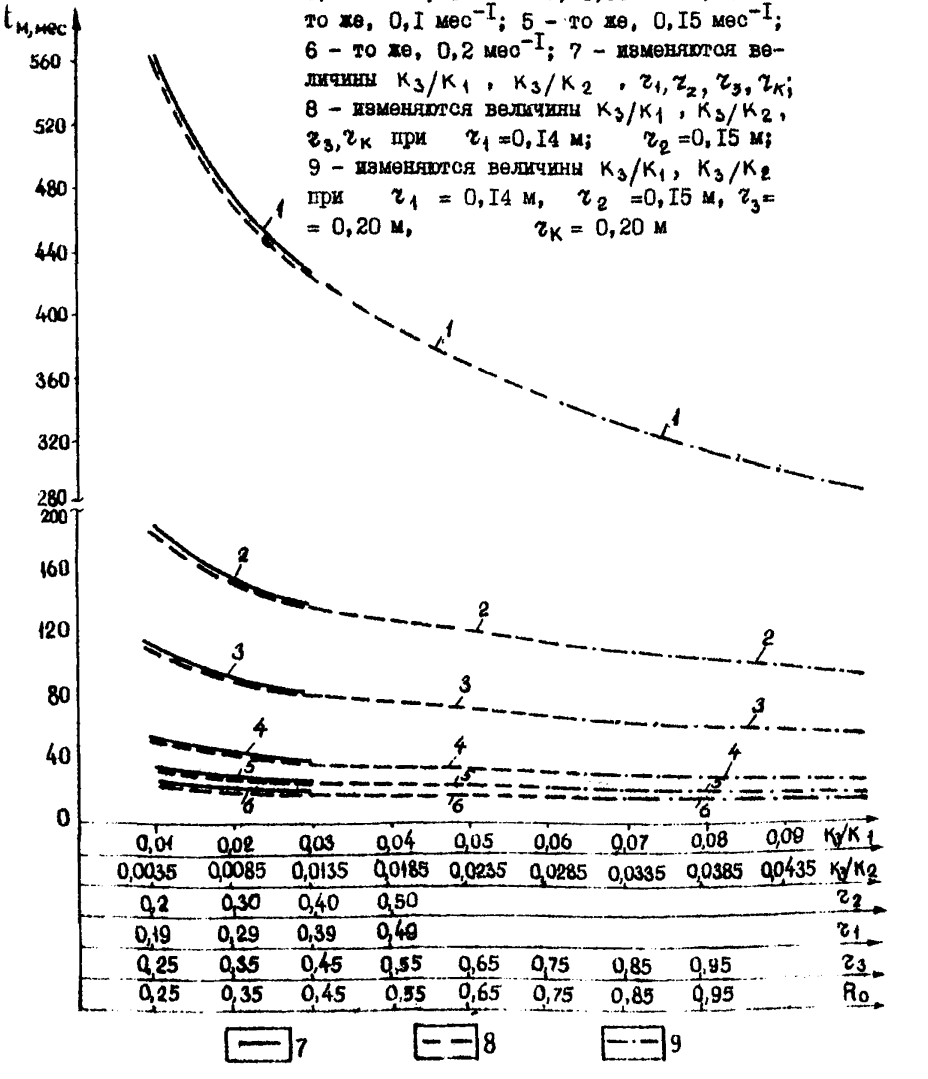


Рис. 2. Изменение времени эффективной работы скважины в зависимости от кольматажа при равных конструктивных параметрах водоприемной части:
I – при $K_3/K_1 = 0,I$; $K_3/K_2 = 0,05$; $r_1 = 0,I4$ м; $r_2 = 0,I5$ м; $r_3 = 0,2$ м; $r_к = 0,25$ м; 2 – то же, соответственно 0,2; 0,I; 0,I9 м; 0,2 м; 0,25 м; 0,3 м; 3 – то же, 0,3; 0,I5; 0,24 м; 0,25 м; 0,3м; 0,35 м; 4 – то же, 0,5; 0,25; 0,34 м; 0,35 м; 0,4 м; 0,45 м; 5 – то же, 0,7; 0,35; 0,44 м; 0,45 м; 0,6 м; 0,55 м

Рис. 3. Изменение времени эффективной эксплуатации скважины в зависимости от конструктивных параметров водоприемной части при различной интенсивности кольматажа:

I – при β = 0,01 мес$^{-I}$; 2 – то же, 0,03 мес$^{-I}$; 3 – то же, 0,05 мес$^{-I}$; 4 – то же, 0,I мес$^{-I}$; 5 – то же, 0,I5 мес$^{-I}$; 6 – то же, 0,2 мес$^{-I}$; 7 – изменяются величины K_3/K_1, K_3/K_2, r_1, r_2, r_3, r_K; 8 – изменяются величины K_3/K_1, K_3/K_2, r_3, r_K при r_1 =0,I4 м; r_2 =0,I5 м; 9 – изменяются величины K_3/K_1, K_3/K_2 при r_1 = 0,I4 м, r_2 =0,I5 м, r_3= = 0,20 м, r_K = 0,20 м



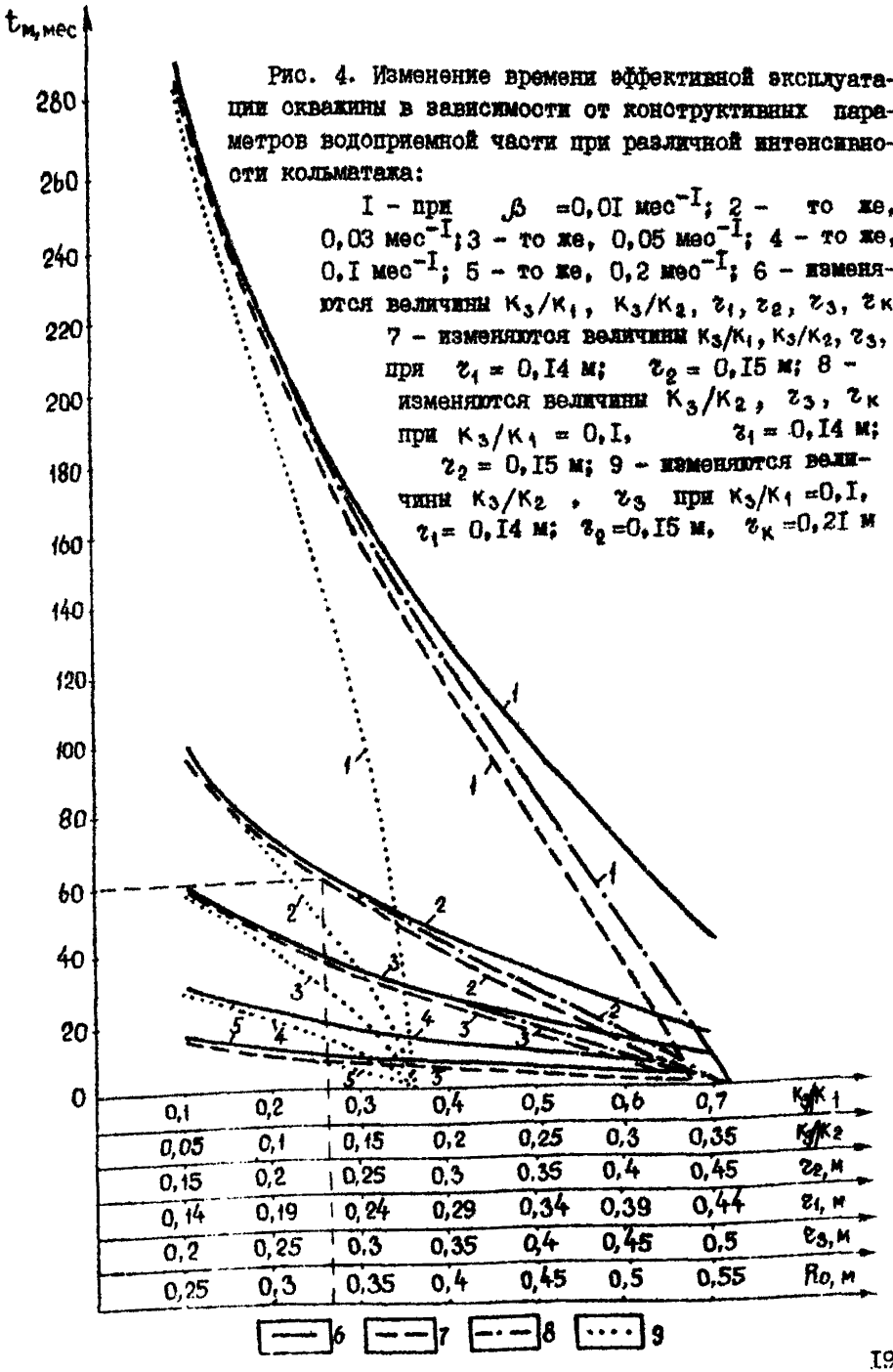
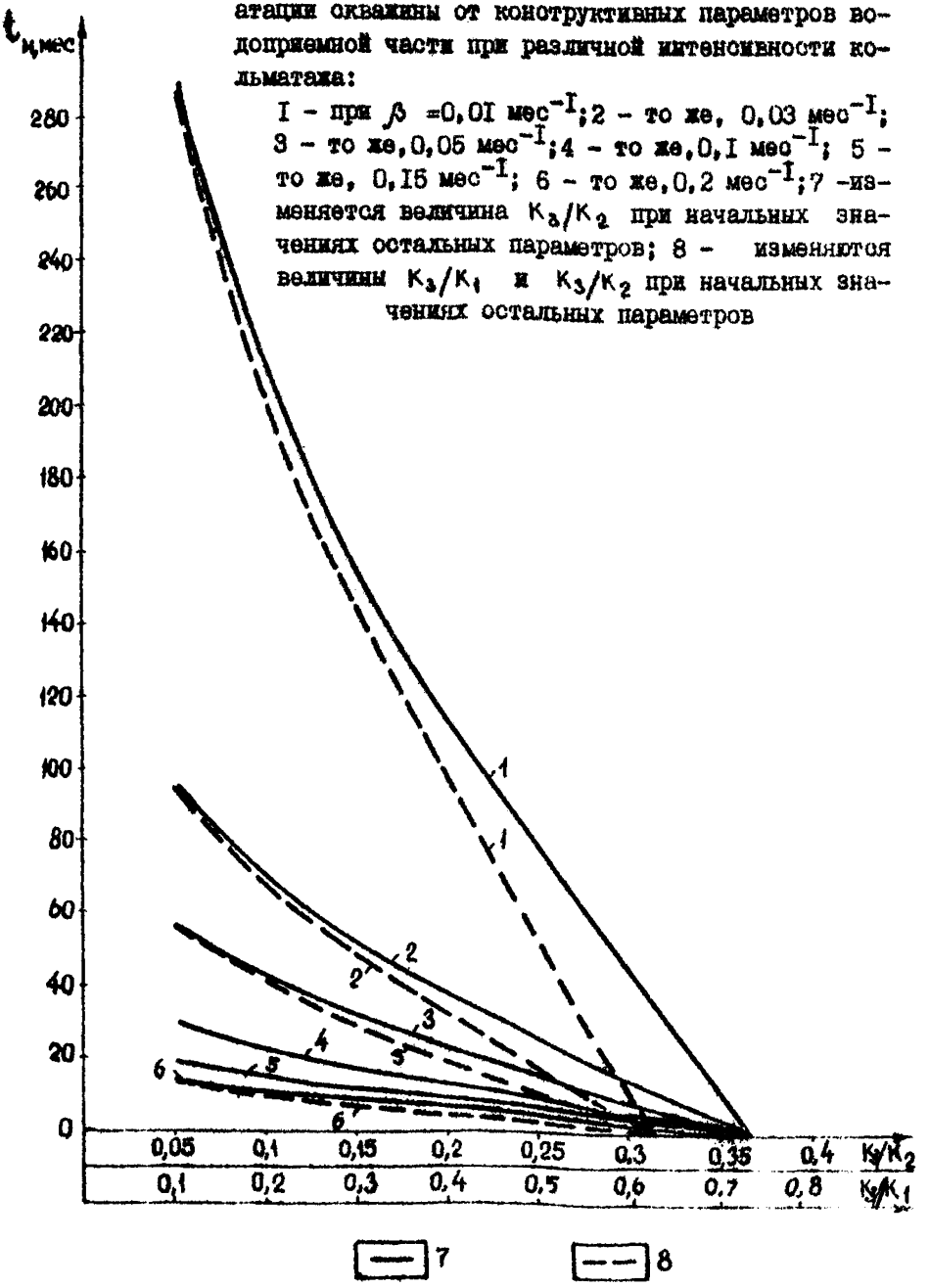


Рис. 4. Изменение времени эффективной эксплуатации скважины в зависимости от конструктивных параметров водоприемной части при различной интенсивности кольматажа:

1 – при β =0,01 мес$^{-1}$; 2 – то же, 0,03 мес$^{-1}$; 3 – то же, 0,05 мес$^{-1}$; 4 – то же, 0,1 мес$^{-1}$; 5 – то же, 0,2 мес$^{-1}$; 6 – изменяются величины K_3/K_1, K_3/K_2, r_1, r_2, r_3, $r_к$; 7 – изменяются величины K_3/K_1, K_3/K_2, r_3, $r_к$ при r_1 = 0,14 м; r_2 = 0,15 м; 8 – изменяются величины K_3/K_2, r_3, $r_к$, при K_3/K_1 = 0,1, r_1 = 0,14 м; r_2 = 0,15 м; 9 – изменяются величины K_3/K_2, r_3 при K_3/K_1 =0,1, r_1 = 0,14 м; r_2 =0,15 м, $r_к$ =0,21 м

Рис. 5. Изменение времени эффективной эксплуатации скважины от конструктивных параметров водоприемной части при различной интенсивности кольматажа:

1 – при β =0,01 мес$^{-1}$; 2 – то же, 0,03 мес$^{-1}$; 3 – то же, 0,05 мес$^{-1}$; 4 – то же, 0,1 мес$^{-1}$; 5 – то же, 0,15 мес$^{-1}$; 6 – то же, 0,2 мес$^{-1}$; 7 – изменяется величина K_3/K_2 при начальных значениях остальных параметров; 8 – изменяются величины K_3/K_1 и K_3/K_2 при начальных значениях остальных параметров



6.9. Преобладающее влияние изменения K_3/K_2 сохраняется до значений $K_3/K_1 = 0,1 \div 0,2$ и $K_3/K_2 = 0,05 \div 0,1$ (рис. 4,5). Для $K_3/K_2 = 0,05 \div 0,1$ и $\beta = 0,01$ мес$^{-1}$ время эффективной работы скважины составляет 294 и 208 мес соответственно, в случае изменения двух параметров одновременно ($K_3/K_2 = 0,05 \div 0,1$ и $K_3/K_1 = 0,1 \div 0,2$) различие в продолжительности $t_э$ не превышает 2%.

6.10. Влияние изменения геометрических параметров водоприемной части на период эффективной эксплуатации скважин показывает, что варьирование только этими величинами нецелесообразно. Можно отметить, что при уменьшении r_2/r_1 время $t_э$ несколько увеличивается.

6.11. В целом из анализа расчетов следует, что увеличение или уменьшение геометрических и гидравлических параметров приводит к изменению времени эффективной эксплуатации скважины. Наиболее сильное влияние оказывает параметр, характеризующий соотношение коэффициентов фильтрации пласта и гравийной обсыпки (K_3/K_2). Во всех рассмотренных вариантах, учитывающих этот параметр, интенсивность изменения $t_э$ резко возрастала, и при достаточно большом значении K_3/K_2 время эффективной эксплуатации скважины уменьшалось до 1 мес.

6.12. Время эффективной эксплуатации скважины $t_э$ позволяет, исходя из технического состояния водоприемной части, обосновать начало ремонта скважин (т.е. улучшения состояния прифильтровой зоны). Однако условие $\varepsilon = 0$ не является необходимым и достаточным для проведения самих ремонтных работ, оно должно быть увязано с критериями эксплуатации всей дренажной системы.

6.13. В качестве критериев процесса осушения могут использоваться требуемая величина понижения уровня подземных вод $S_к$ и(или) допустимая величина водопритока в горную выработку $q_{доп}$. С учетом этих критериев могут быть записаны следующие выражения:

$$\varepsilon \begin{cases} < 0, & S < S_к \text{ или } q > q_{доп}; \\ \geq 0, & S < S_к \text{ или } q > q_{доп}; \end{cases} \qquad (11)$$

$$\varepsilon \begin{cases} < 0, & S \geq S_к \text{ или } q \leq q_{доп}; \\ \geq 0, & S \geq S_к \text{ или } q \leq q_{доп}. \end{cases} \qquad (13)$$

6.14. В условиях (11-14) главное значение имеют критерии $S_к$ и $q_{доп}$, обеспечивающие безопасную отработку месторождения. Если для какого-то участка системы осушения выполняется условие (14),

то проведение ремонтных работ в скважинах не является обязательным хотя величина $\ell \geq 0$ на отдельных скважинах, но критерии осушения выполняются. При условии (I3) вообще нет необходимости в ремонтных работах.

6.I5. Условие, которое указывает, что на скважинах необходимо проведение ремонтных работ по улучшению гидравлических свойств фильтра и прифильтровой зоны, записывается в виде (I2), т.е. время, когда справедливым становится выражение (I2), и является межремонтным периодом для скважины.

6.I6. Выражение (II) свидетельствует о том, что, несмотря на выполнение основных критериев осушения по величинам понижения уровня и водопритока, проведение ремонтных работ на скважинах нецелесообразно, более эффективными будут другие мероприятия (например, сооружение дополнительных скважин).

6.I7. При практическом назначении $t_м$ для дренажных устройств следует учитывать также время, необходимое на выполнение соответствующих проектных проработок и проведение самих технологических операций по ремонту скважин.

Пример. Требуется подобрать гидравлические параметры и конструкцию фильтра для восстающих скважин с водоприемной частью, оборудуемой в песках. Коэффициент фильтрации песков водоносного горизонта составляет I м/сут. Мощность водоносного горизонта 20 м. По техническим условиям наружный радиус фильтра составляет 0,I5 м, внутренний 0,I4 м. Срок эксплуатации скважины I0 лет. Интенсивность кольматажа по опытным данным составляет 0,03 $мес^{-I}$.

По графикам рис. 4 имеем, что при такой интенсивности кольматажа и реальных значениях радиусов фильтра эффективная работа скважины в течение I20 мес не может быть обеспечена без проведения ремонтных работ. Разбив расчетное время на два интервала по 60 мес и считая, что при ремонтных работах гидравлические свойства фильтра восстанавливаются на I00%, получаем, что отношение $K_3/K_2 \approx 0,I5$, а $K_3/K_1 \cong 0,27$ или $K_1 = 4$ м/сут, а $K_2 = 7$ м/сут.

Учитывая, что сооружение восстающих скважин предполагает бурение фильтровой колонной, фильтр должен иметь повышенную механическую прочность. Этому условию соответствует фильтр на основе трубчатого каркаса. Исходя из значения K_1, скважность фильтра может составлять до 5%. Проницаемость прифильтровой зоны должна быть увеличена в 7 раз. Для восстающих скважин единственным технически осуществимым приемом увеличения проницаемости прифильтровой зоны является вынос песка из этой зоны. Из рис.4 следует, что радиус выноса песка составляет около 30 см, а по значению $K_2 = 7$ м/сут до-

лжны быть вынесены частицы от пылеватых до мелкозернистых включительно. Диаметр отверстий фильтра при выносе мелкозернистых частиц должен составлять с учетом сводообразования около I-2 мм. Через 5 лет работы, если будет выполняться условие (I2), на скважине следует провести ремонтные работы по восстановлению гидравлических свойств фильтра и прифильтровой зоны.

Литература

I. Алексеев В.С., Волков Ю.И. Исследование гидравлических свойств фильтров дренажных скважин. Шахтное строительство, 1984, № 7, с. I2-I5.

2. Волков Ю.И., Воронцов В.И. Исследование работы дренажных устройств при осушении месторождений полезных ископаемых. -В сб.: Проектирование предприятий горнорудной промышленности, вып. 6. М. Гипроруда, I980, с. 6I-64.

3. Волков Ю.И., Коваленко А.И., Пономаренко Ю.В., Чуйко В.М. Совершенствование технологии и схем осушения при подземной разработке железорудных месторождений. Горный журнал, I984, № 6, с. 8-I0.

4. Воронцов В.И., Набер Г.Б. Интенсификация работы дренажных устройств при осушении месторождений полезных ископаемых. М., Недра, I975, 205 с.

5. Воронцов В.И., Волков Ю.И., Тихонов А.К. Эффективность работы дренажных устройств при осушении Соколовского и Сарбайского месторождений. - В сб.: Осушение месторождений, рудничная гидрогеология, специальные горные работы, вып. 23. Белгород, НИИГЕМ, I977, с. 9-I2.

6. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. М., Недра, I976, 344 с.

7. Методическое пособие по расчету параметров трещинных фильтров дренажных и водозаборных скважин. Белгород, НИИГЕМ, I972, 63 с.

8. Методические рекомендации по оценке гидравлических свойств фильтров, применяемых при сооружении дренажных скважин. Белгород, НИИГЕМ, I982, 28 с.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1. Требования к фильтрам дренажных устройств 3

2. Факторы, учитываемые при выборе фильтров скважин 6

3. Параметры фильтров скважин, оценка их гидравлических свойств 9

4. Материалы, применяемые для изготовления фильтров. II

5 Применение различных конструкций фильтров в скважинах при осушении месторождений I2

6. Подбор оптимальных параметров фильтров дренажных скважин и определение межремонтного периода I4

Литература 23

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРОВ И ОЦЕНКЕ МЕЖРЕМОНТНОГО ПЕРИОДА ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН

Научный редактор канд. техн. наук Г. Б. Шабер
Литературный редактор Л. А. Порубай
Технический редактор А. Г. Воронцова
Корректор М. П. Елинсон

Подписано к печати 27 декабря 1984 г
Объем 1,4 уч.-изд. л. Тираж 240 экз. Заказ № 289.
Ротапринт НИОГЕМ, Белгород, Б. Хмельницкого, 86,
Цена 21 коп.

gost.e-ecolog.ru