

УДК 626.873.3

## ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ ДРЕНАЖЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Халявкин Ф.Г., Оника С.Г., Вересович С.А. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь)

*В статье приведена методика фильтрационных расчетов при проектировании и строительстве дренажа на месторождениях с высокой обводненностью. На основании анализа результатов расчета по определению притоков воды в отдельные скважины и дренажную установку, а также уровней и напоров воды в центре установки рекомендуется количество водопонижающих скважин.*

Ключевые слова: дренаж, месторождение, обводненность, скважина, карьер, шахта.

### Введение

Важным и достаточно затратным процессом подготовки месторождений полезных ископаемых к добыче является осушение горных пород. Причиной высокой обводненности месторождений может быть присутствие напорных и безнапорных водоносных горизонтов, выпадающие в виде дождя и снега атмосферные осадки, расположенные поблизости открытые водоисточники (реки, озера, затопленные горные выработки).

Присутствие воды в карьерах и шахтах затрудняет работу машин и механизмов, создает угрозу поражения людей электрическим током, а насыщенные водой горные породы меняют свои свойства, из-за чего ухудшаются условия их разработки и транспортировки.

Дренаж карьерных и шахтных полей выполняют с целью снижения напоров и уровней водоносных горизонтов, снижения водопритоков в горные выработки, обеспечения устойчивости бортов и откосов карьера, снижения влажности добываемого полезного ископаемого, предотвращения затопления карьеров и шахт, а также создания нормальных условий для работы людей и машин.

На выбор того или иного способа дренажа влияют как природные (литологический состав пород, число водоносных горизонтов и их водообильность), так и горно-технические факторы (способ разработки и система отработки залежи, порядок ведения горных работ и другие). Выбор опережающей, параллельной или совместной систем дренажа зависит от гидрогеологических и инженерно-геологических условий эксплуатации объекта.

Система с опережением применяется до начала ведения горных работ. При параллельной системе дренаж проводят одновременно с ведением горных работ на месторождениях с простыми и средней сложности гидрогеологическими условиями [1]. Совместная система предусматривает дренирование месторождения до начала ведения горных работ, а также в период строительства и эксплуатации объекта.

Для дренажа месторождений полезных ископаемых применяются водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами, иглофильтровые установки, поглощающие скважины, прибортовой дренаж, водоотлив, дренажные траншеи и каналы. Наиболее широкое применение в горной промышленности нашли водопонижающие скважины и водоотлив в сочетании с другими способами или индивидуально.

Скважинный дренаж применяется для понижения уровня грунтовых вод при вскрытии месторождения полезного ископаемого капитальными траншеями, при

строительстве водосборного бассейна (зумпфа) у насосной станции, стволов дренажной шахты для подземного осушения, околовольных выработок, а также при осушении отдельных участков карьера. Скважины располагают чаще всего вдоль капитальной и разрезной траншей или по контуру при добыче полезного ископаемого [2].

### Результаты исследований

При проектировании дренажных систем по данным разведки месторождений выполняют фильтрационные расчеты, целью которых является определение величины притока воды, обоснование необходимости проведения дренажных работ, применения типа и количества дренажных устройств, определение области фильтрации, питания и разгрузки. Исходными данными при этом являются мощность и напоры водоносных пластов, понижение уровня пласта, расстояния до границ питания водоносного пласта, величина радиуса влияния понижения, коэффициенты фильтрации, уровне- и пьезо-проводности, водоотдача горной породы. Дренаж месторождений проводят для двух режимов фильтрации подземных вод – водонапорного и безнапорного, а в зависимости от стратиграфического строения расчеты выполняют для совершенных и несовершенных скважин. При этом следует заметить, что при безнапорной фильтрации происходит полное или частичное осушение водоносных пластов, а при напорной фильтрации происходит только снижение напора без непосредственного осушения горных пород.

Притоки воды в каждую скважину и дебит всей дренажной установки для безнапорной и напорной фильтрации определяют по формулам Дюпюи, Лейбензона, Щелкачева [1]. В зависимости от количества водопонижающих скважин эти формулы отличаются способом определения фильтрационного сопротивления, составляющего знаменатель расчетных формул. Числитель этих формул характеризует фильтрационную способность горной породы и напор воды, под действием которого происходит поступление воды в водопонижающие скважины.

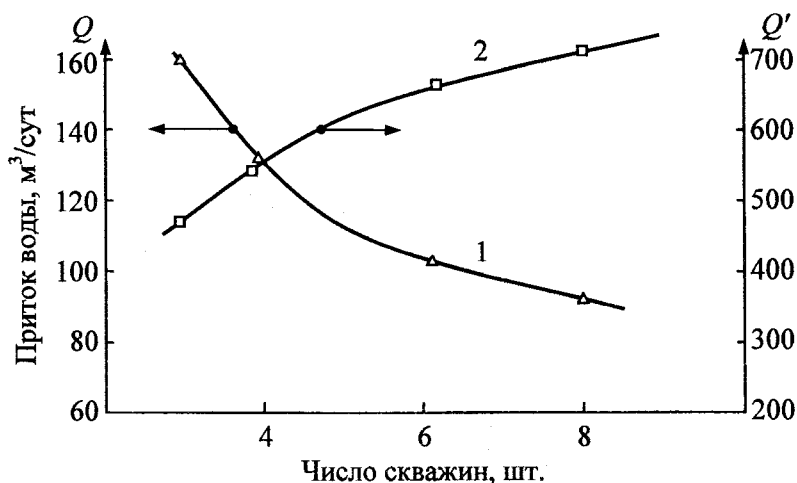
При выполнении фильтрационных расчетов определяют следующие основные параметры дренажной системы: притоки воды в каждую скважину и во всю систему скважин, величину снижения уровня в центре контура скважин и посередине между скважинами при линейной схеме их расположения, строят депрессионные кривые, показывающие снижение уровня грунтовых вод в любой точке внутри контура водопонижающей системы.

Конечным итогом этих расчетов является установление количества скважин, которые могли бы обеспечить снижение уровня грунтовых вод или их напора на требуемую величину. Для решения данной задачи было выбрано месторождение по добыче песчано-гравийной смеси с высокой обводненностью. При этом рассмотрены два варианта: с безнапорной и напорной фильтрацией воды.

Как известно, разработка месторождений открытым способом начинается с прокладки капитальной и разрезной траншей. Условием безопасного ведения горных работ предусматривается минимальная ширина траншеи 30-40 м, а ее длина – не менее 70-100 м [3]. С учетом вышесказанного были приняты следующие исходные данные: длина осушаемого участка 100 м, ширина 40 м, коэффициенты фильтрации и водоотдачи грунта, соответственно, 15 м/сут и 0,25, мощность водоносного горизонта 5 м, напор воды 5 м, диаметр водопонижающей скважины 0,4 м. Скважины взаимодействующие. Схема расположения скважин контурная.

Фильтрационные расчеты сводились к определению общего притока воды в капитальную траншею по формулам «большого колодца», величина которого составила 962 м<sup>3</sup>/сут при безнапорной и 1280 м<sup>3</sup>/сут при напорной фильтрации. Определялись

также притоки воды в каждую взаимодействующую скважину и во всю дренажную установку по формулам В.И. Щелкачева и И.С. Лейбензона [2]. Снижение уровня воды в центре установки скважин при безнапорной фильтрации и снижение напора воды при напорной фильтрации рассчитывались по методу Форхгеймера [2]. Все расчеты выполнялись для двух, трех, четырех, шести и восьми скважин. На рисунке 1 показан график притока воды в каждую взаимодействующую скважину  $Q$  и во всю дренажную установку  $Q'$  при безнапорной фильтрации в зависимости от числа проектируемых скважин. Из рисунка видно, что наибольшее снижение притока воды происходит при числе скважин 3-5. Дальнейшее увеличение количества скважин ведет к незначительному снижению притока воды.



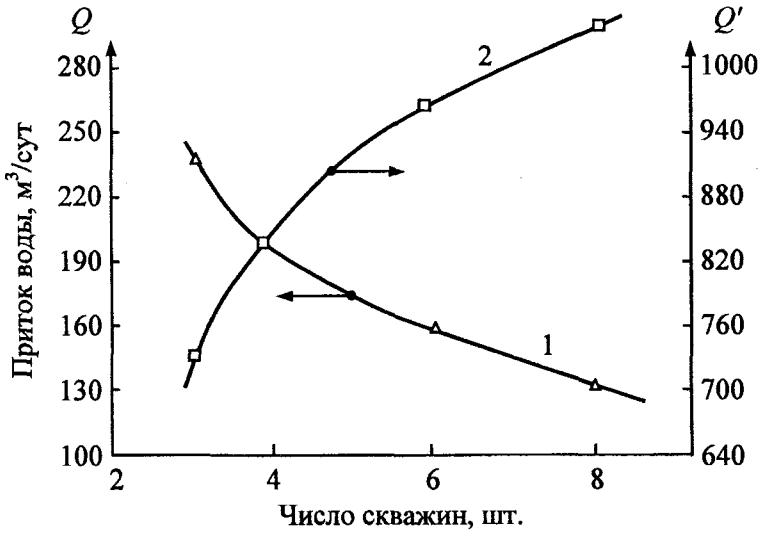
1 – приток воды в каждую скважину  $Q$ ; 2 – приток воды во всю дренажную установку  $Q'$

Рисунок 1. – Приток воды в скважины при безнапорной фильтрации в зависимости от их числа

Приток воды во всю дренажную установку также имеет наибольшую величину при количестве скважин 3-5 (рисунок 1, график 2). Максимальный приток воды при этом составляет примерно 500-600 м³/сут, что значительно меньше расчетного притока воды в капитальную и разрезную траншеи, величина которого составляет 962 м³/сут. Если принять, что для водопонижения на данном участке достаточно 4-х скважин, то водоперехватывающая способность такой дренажной установки составит примерно 57%. Остальная вода поступит в эти траншеи и возникнет необходимость применять другой способ борьбы с затоплением траншеи, например, водоотлив.

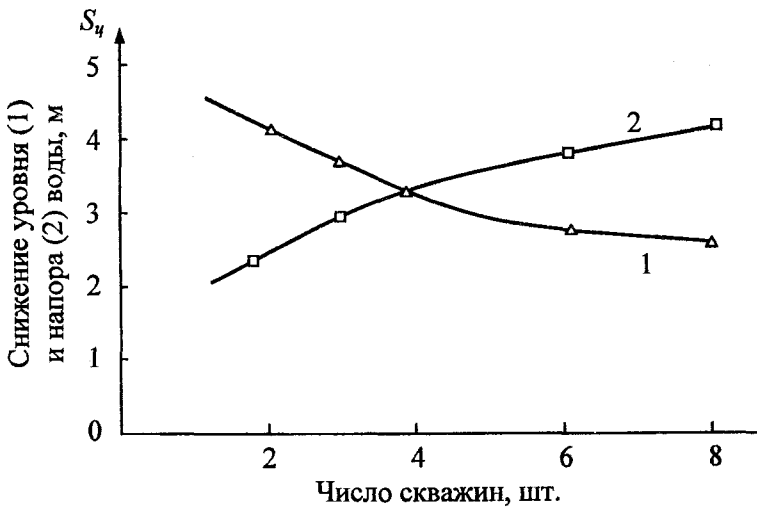
На рисунке 2 показаны графики притока воды в скважины при напорной фильтрации. Из рисунка видно, что притоки воды в скважины значительно выше по сравнению с безнапорной фильтрацией, причем приток воды в каждую скважину  $Q$  почти пропорционально возрастает их количеству. Что касается притока воды во всю дренажную установку  $Q'$ , то при строительстве 4-х скважин их водоперехватывающая способность составит примерно 66,4%.

Зависимость снижения уровня и напора воды при безнапорной и напорной фильтрации показана на рисунке 3, из которого видно, что значительное снижение уровня (график 1) и напора воды (график 2) в центре установки скважин  $S_4$  происходит при числе скважин от 2-х до 4-х. Дальнейшее увеличение числа скважин снижает уровень и напор воды на незначительную величину.



1 – приток воды в каждую скважину  $Q$ ; 2 – приток воды во всю дренажную установку  $Q'$

Рисунок 2. – Приток воды в скважины при напорной фильтрации в зависимости от их числа



1 – безнапорная фильтрация; 2 – напорная фильтрация

Рисунок 3. – Зависимость снижения уровня (1) и напора воды (2) в центре установки  $S_n$  от числа скважин

### Заключение

Проведенные аналитические исследования позволили установить, что для водопонижения на участке месторождения площадью 4 тыс. м<sup>2</sup> для снижения уровня на величину 3-4 м в центре дренажной установки при безнапорной фильтрации достаточно построить 2-4 водопонижающих скважины и расположить их по контуру. Такое же количество скважин требуется для снижения напора воды в центре их установки на величину 2,3-3,2 м при напорной фильтрации. Увеличение количества скважин до 6-8 штук значительно повышает притоки воды в дренажную установку и снижает уровни и напоры воды.

---

**Список использованных источников**

1. **Чирков, А.С.** Добыча и переработка строительных горных пород / А.С. Чирков. – М.: Издательство МГГУ, 2001. – 622 с.
  2. **Скабалланович, И.А.** Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений / И.А. Скабалланович, М.В. Седенко. – М.: Недра, 1980. – 205 с.
  3. **Томаков, П.И.** Технология, механизация и организация открытых горных работ / П.И. Томаков, И.К. Наумов. – М.: Недра, 1986. – 312 с.
- 

**Khalyavkin F.G., Onika S.G., Veresovich S.A.**

**Calculations of filtration during the vertical drainage of deposits of building materials**

*The article presents the methods of calculations of filtration during the projecting and building of the drainage on the deposits with high supplying of water. The quantity of sinking boring wells is recommended on the ground of the analysis of the results of calculations on the determination of indrafts to separate boring wells and the drain plant and also on the ground of water-level and pressure in the centre of the plant.*

Keywords: *drainage, deposit, supplying of water, boring well, quarry, mine.*

Поступили в редакцию 17.04.2017 г.