

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии

## **ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*Методические указания к курсовому проектированию  
для студентов дневной формы обучения специальности 130101  
специализации «Поиски и разведка подземных вод  
и инженерно-геологические изыскания»*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2014**

УДК 553.7 (075.80)

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД:** Методические указания к курсовому проектированию / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: *Д.Л. Устюгов*. СПб, 2014. 28 с.

Представлен состав, содержание и даны рекомендации по подготовке курсового проекта по дисциплине «Поиски и разведка подземных вод» для студентов, обучающихся по специальности 130101 Прикладная геология специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». Даны рекомендации по проектированию опытно-фильтрационных и режимных стационарных наблюдений за подземными водами.

Табл.3. Библиогр: 12 наим.

Научный редактор проф. *С.М.Судариков*

© Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Задачей курсового проектирования является закрепление знаний, полученных студентами при изучении курса «Поиски и разведка подземных вод». Кроме того, курсовой проект подготавливает студентов к написанию дипломного проекта.

При составлении курсового проекта студент обязан пользоваться новейшими достижениями науки и техники, отраженными как в отечественной, так и зарубежной литературе, а также использовать компьютерные технологии.

Курсовой проект, в основном, составляется по материалам, собранным студентом при прохождении второй производственной практики.

## **2. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен содержать текстовую часть и графические приложения.

Текстовая часть курсового проекта должна состоять из введения, заключения и трех основных частей: общей, специальной и проектной, которые, в свою очередь, состоят из отдельных глав. Обязательным является представление в текстовой части списка использованной литературы, фондовых и нормативных материалов.

Рекомендуется придерживаться следующего состава текстовой части курсового проекта.

1. Введение

I. Общая часть

2. Физико-географический очерк

3. Геологическое строение территории

4. Гидрогеологические условия территории

5. Геолого-гидрогеологическая изученность территории

II. Специальная часть

6. Геолого-гидрогеологические условия участка проектируемых работ

7. Анализ ранее выполненных работ

8. Специальная глава

### III. Проектная часть

9. Задачи проектируемых работ
10. Состав, виды и объемы проектируемых работ
11. Методика выполнения проектируемых работ
12. Заключение
13. Список использованной литературы и материалов.

Графические приложения к курсовому проекту должны содержать:

- 1) геологическую и/или гидрогеологическую карты со стратегической колонкой и соответствующими разрезами, пересекающими месторождение (участок) по характерным направлениям;
- 2) специализированные карты, используемые для обоснования подсчета эксплуатационных запасов подземных вод (гидрохимическую, специального гидрогеологического районирования, гидрогеологических параметров и др.);
- 3) план подсчета эксплуатационных запасов подземных вод;
- 4) карту (схему) пространственного размещения проектируемых работ;

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **1. Введение**

Тема курсового проекта, сведения об источниках получения материалов курсового проекта.

Основные требования к проектируемым работам и подземным водам:

- первоочередная и перспективная водопотребность;
- целевое назначение подземных вод;
- требования к качеству воды;
- требования к режиму и расчетному сроку эксплуатации;

- намечаемые сроки освоения разведанного месторождения (или участка месторождения);
- сведения о согласовании выбора участка проектируемых работ и условий недропользования (по материалам анализа геологического или технического задания);
- проектируемая стадия гидрогеологических исследований.

## **I. Общая часть**

### **2. Физико-географический очерк**

Обоснование площади, по которой в общей части проекта приводятся необходимые сведения. В пределы описываемой территории включаются оцениваемые месторождения подземных вод и зоны существенного влияния их эксплуатации, а также, в необходимых случаях, - зоны формирования запасов подземных вод.

Административное и географическое положение месторождений (участков, водозаборов), их расстояние до объектов водопотребления.

Общие данные об основных метеорологических факторах, оказывающих влияние на формирование оцениваемых эксплуатационных запасов и естественных ресурсов подземных вод. В том числе, даются краткие сведения о:

- температуре воздуха;
- атмосферных осадках (месячные и годовые суммы за характерные годы, коэффициенты инфильтрации осадков);
- испарении с зеркала поверхностных и грунтовых вод;
- снежном покрове (многолетние значения и распределение по месяцам и сезонам);
- сведения о наличии сезонной или многолетней мерзлоты.

Данные о рельефе и основных поверхностных водных объектах. Гидрографическая сеть района исследований, морфометрические характеристики водотоков, водоемов и пойменных участков, общая гидрологическая характеристика поверхностных водных объектов, сеть оросительных каналов, площади, занятые под орошаемое земледелие.

### **3. Геологическое строение территории**

Общая характеристика геологического разреза (стратиграфия, литология, связь месторождения с определенными комплексами пород и геологическими структурами) с более подробным описанием перспективных для заданного целевого назначения и связанных с ними водоносных горизонтов и комплексов.

В необходимых случаях приводятся данные о тектонике, магматизме и геоморфологии.

Детальность описания дается с учетом масштаба карты (схемы), используемой для иллюстрации общей части курсового проекта.

### **4. Гидрогеологические условия территории**

Положение района исследований в общей схеме гидрогеологического районирования территории РФ.

Гидрогеологическая стратификация с перечислением выделяемых водоносных горизонтов и комплексов, а также региональных или местных относительных водоупоров.

Характеристика водоносных горизонтов и комплексов должна содержать следующие данные:

- распространение, положение в пространстве, глубина залегания, мощность, литологический состав и выдержанность водовмещающих пород;
- фильтрационные и емкостные свойства водовмещающих пород;
- дебиты и удельные дебиты разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин, производительность существующих эксплуатационных водозаборных скважин, дебиты родников;
- положение уровней и напоров подземных вод;
- условия питания и разгрузки подземных вод;
- качество подземных вод;
- характер взаимосвязи подземных вод с поверхностными водами и между собой;
- основные закономерности изменения перечисленных выше показателей в плане и разрезе, а также во времени.

При необходимости приводятся сведения о геотермических условиях района (пластовые температуры и температура на устьях скважин при различных режимах водоотбора).

Характеристика слабопроницаемых (водоупорных) пластов должна включать данные о границах их распространения, изменчивости мощности и литологического состава, наличии литологических (гидрогеологических) окон и т.п.

Сравнительная оценка водоносных горизонтов (комплексов) и отдельных участков, обоснование выбора объектов (водоносных горизонтов или комплексов и в их пределах участков) для постановки проектируемых гидрогеологических работ.

#### **5. Геолого-гидрогеологическая изученность территории**

Описание геолого-гидрогеологической изученности района работ должно включать представление следующих материалов:

- краткая характеристика проведенных ранее геологоразведочных работ (в том числе гидрогеологических и геофизических), определивших изученность условий формирования и величины прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод;
- сведения о выполненных ранее региональных оценках прогнозных ресурсов и их результатах;
- данные по утвержденным эксплуатационным запасам (даты и номера протоколов предыдущих утверждений) и их освоенности;
- в необходимых случаях представляется оценка степени гидрологической изученности и достоверности гидрометрических наблюдений.

Краткие сведения об открытии и изучении месторождений (участков), на которых производились геологоразведочные работы.

После анализа состояния изученности территории должны быть сделаны выводы, касающиеся следующих основных вопросов:

- основные генетические типы месторождений подземных вод, пригодные для решения стоящей проблемы водоснабжения;
- основные представления о схемах формирования запасов и ресурсов подземных вод.

## **II. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

### **6. Геолого-гидрогеологические условия участка проектируемых работ**

Приводятся геолого-гидрогеологические условия участка проектируемых работ. Особо отмечаются отличия геолого-гидрогеологических условий участка от описанных в общей части проекта.

При изложении материала данной главы необходимо придерживаться рекомендаций глав 3 и 4.

### **7. Анализ ранее выполненных работ**

Проводится анализ работ, выполненных на предыдущих стадиях гидрогеологических исследований. При этом приводятся следующие данные:

- характеристика качества решения задач предыдущих стадий исследований;
- характеристика степени достоверности выполненных оценок эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод, включая условия их формирования и использования;
- характеристика достоверности материалов, которые могут быть использованы при подготовке данного курсового проекта.

В заключении данной главы делается вывод о качестве и полноте решения задач предыдущих стадий исследований.

### **8. Специальная глава**

Содержание главы согласовывается с руководителем курсового проекта.

В большинстве случаев в качестве специальной могут быть представлены следующие главы:

- “Предварительная оценка эксплуатационных запасов подземных вод”;
- “Переоценка эксплуатационных запасов подземных вод”;
- “Оценка прогнозных ресурсов подземных вод”;
- “Прогноз изменения качества откачиваемых подземных вод”;



- “Расчет зон санитарной охраны водозаборов”.

В специальной главе обязательно рассматривается природная гидрогеологическая модель месторождения (участка) и дается схематизация гидрогеологических условий. Дается обоснование выбора расчетных гидрогеологических параметров.

### **III. ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ**

#### **9. Задачи проектируемых работ**

На основании анализа материала изложенного в общей и специальной частях курсового проекта формулируются основные задачи, которые должны быть выполнены на проектируемой стадии гидрогеологических исследований.

#### **10. Состав, виды и объемы проектируемых работ**

В состав гидрогеологических исследований применяемых при поисках и разведке подземных вод входят следующие работы:

- 1) гидрогеологическая съемка и картирование;
- 2) буровые и горные работы;
- 3) геофизические работы;
- 4) опытно-фильтрационные работы;
- 5) режимные стационарные работы (мониторинг подземных вод);
- 6) специальные работы (гидрометрические, опытно-миграционные и др.);
- 7) лабораторные работы.

Для обоснования видов и объемов исследований, а также пространственное размещение проектируемых работ, проводится анализ работ, выполненных на предыдущих стадиях, в том числе по объектам аналогам.

#### **11. Методика выполнения проектируемых работ**

При проектировании буровых работ обосновываются:

- конструкция скважин (обоснование диаметров бурения и обсадки, глубины, способов изоляции водоносных горизонтов, интервалов установки фильтров);
- последовательность, способы и технологии бурения;

- конструкция фильтра;
- подготовка скважин к опробованию, способ вскрытия продуктивных горизонтов и характеристика водоприемной части скважин, работы по интенсификации притока;
- оборудование устья скважин для проведения опытных работ;
- используемое водоподъемное оборудование, его основные технические характеристики;
- виды, объемы и методика проведения исследований в процессе бурения (геофизических, поинтервального опробования и др.);
- порядок разделительного опробования водоносных горизонтов и зон, способы изоляции их друг от друга и проверки надежности изоляции;
- способ прокачки скважин;
- гидрогеологические наблюдения в процессе бурения;
- измерительная аппаратура и ее технические характеристики.

При проектировании опытно-фильтрационных работ должны быть решены следующие вопросы:

- 1) пространственное размещение выбранного вида ОФР;
- 2) конструкции опытных и наблюдательных скважин;
- 3) пространственное размещение опытных и наблюдательных скважин;
- 4) величина дебита откачки;
- 5) продолжительность ОФР;
- 6) частота замеров уровней и напоров подземных вод.

Кроме того, указывается способ отвода откачиваемых вод; меры, предупреждающие возможность их обратной фильтрации в исследуемый горизонт, а также возможное отрицательное влияние на окружающую среду

Анализ результатов и интерпретация данных опытно-фильтрационных должен включать исследование следующих вопросов:

- анализ изменения величин дебита, удельного дебита, характер развития депрессии;

- режим подземных вод в процессе проведения опытных работ;
- продолжительность откачки при устойчивом гидродинамическом и гидрохимическом режимах;
- темпы и полнота восстановления уровней;
- влияние других факторов на режим подземных вод (изменение уровня и расхода поверхностных вод, барометрического давления, других техногенных воздействий, кроме рассматриваемых опытных работ), основные интервалы водопритоков, взаимодействие подземных вод различных водоносных горизонтов, а также подземных и поверхностных вод.

Анализ и интерпретация проводятся с использованием графиков прослеживания изменений уровней и дебитов во времени и по площади.

При проектировании стационарных режимных наблюдений проводится обоснование системы размещения наблюдательных пунктов и методика наблюдений (периоды, частота и способы определения отдельных элементов режима – уровней, дебитов, расходов, температуры и качества воды и др.); используемое оборудование и приборы. Распределение наблюдений по сезонам года и в многолетнем разрезе в естественных и нарушенных условиях. Должны быть даны рекомендации по улучшению качества материалов наблюдений за режимом подземных вод и возможности их использования для подсчета эксплуатационных запасов.

В случае необходимости проводятся специальные расчеты, в том числе численное моделирование, для обоснования схемы развития наблюдательной сети.

При проектировании лабораторных работ рассматривается методика специальных видов лабораторных работ, направленных на определение физико-механических (включая пористость), сорбционных и других свойств горных пород (определяющих их миграционные параметры), их минералогического, химического и петрографического состава и др. показателей, используемых затем при обосновании параметров подсчета запасов.

#### **4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПЫТНО - ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ И РЕЖИМНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Одними из основных видов гидрогеологических работ, выполняемых при поисках и разведке подземных вод, являются опытно-фильтрационные работы (ОФР) и режимные стационарные наблюдения.

Опытно-фильтрационные работы включают откачки, нагнетания и наливывы в шурфы и скважины.

Преимущественно откачек перед другими видами ОФР заключается в том, что они наиболее близко моделируют процесс водоотбора при последующей эксплуатации водозаборов подземных вод.

В зависимости от продолжительности откачки подразделяются на пробные и опытные.

Пробные откачки предназначены для оценки водообильности водоносных горизонтов и отбора проб на анализы. По результатам пробных откачек иногда ориентировочно можно оценить гидрогеологические параметры.

Опытные откачки предназначены для определения фильтрационных параметров, а также для построения эмпирических зависимостей понижения дебита, что необходимо для оценки эксплуатационных запасов гидравлическим методом.

Опытные откачки в зависимости от числа опытных и наблюдательных скважин, а также от продолжительности эксперимента, подразделяются на одиночные, кустовые, групповые и опытно-эксплуатационные.

Местоположение опытных откачек определяется схемой разведки подземных вод и схемой проектируемого водозабора. Кустовые откачки обычно располагаются в центральной части проектируемого водозабора и в наиболее характерных местах области его влияния.

Групповые откачки проводят на участках проектируемых водозаборов, часто из опытно-эксплуатационных скважин.

Глубина опытных скважин при проведении ОФР определяется особенностями залегания как испытываемых, так и смежных водоносных горизонтов. При этом очень важно, чтобы степень несовершенства опытных и наблюдательных скважин была одинаковой. Несовершенные наблюдательные пьезометры могут применяться лишь в относительно однородных пластах.

Перед началом опытных откачек все скважины, и возмущающие, и наблюдательные, нужно разглинизировать и прокачать. Для учета инерционности наблюдательных скважин желательно проведение в них экспресс-наливов.

При проведении кустовых откачек число лучей наблюдательных скважин изменяется от одного до шести и определяется степенью фильтрационной неоднородности исследуемого водоносного горизонта. Обычно два луча располагают взаимно перпендикулярно, причем один из них ориентируют по направлению естественного подземного потока. При откачках в анизотропных породах лучи наблюдательных скважин стараются располагать по главным осям анизотропии. При откачках у реки для оценки параметров сопротивления ложа водоема  $\Delta L$  один из лучей располагают параллельно реке (навстречу поверхностному потоку), а второй – ему перпендикулярно.

Максимальное число наблюдательных скважин в каждом луче – шесть, обычно их две–три.

Наблюдательные скважины в луче располагают на расстоянии, возрастающем в геометрической прогрессии со знаменателем 2. Расстояние до первой наблюдательной скважины  $r_1 = (0,1 - 0,2)R$ , где  $R = 1,5 \sqrt{at_0}$ ;  $t_0$  – время откачки. В пластах ограниченной мощности расстояние до первой наблюдательной скважины  $r_1 = (1 \div 1,5)m$ , где  $m$  – мощность опробуемого водоносного горизонта.

В самой дальней наблюдательной скважине необходимо создавать понижение, превышающее естественные колебания уровней, так как естественные колебания уровней обычно равны 10–15 см, понижение в дальней наблюдательной скважине должно быть больше 0,3–0,5 м.

Наиболее целесообразным режимом опытных откачек является режим постоянного дебита, т.е. откачку желательно проводить

с постоянным расходом, определяемым производительностью насоса.

В процессе откачек дебит должен быть постоянным, допускается лишь незакономерные хаотические колебания его вокруг некоторого среднего в пределах 5–10%. Если дебит откачки закономерно меняется в процессе опыта, схема интерпретации подобной откачки должна учитывать эти изменения.

Крайне нежелательны остановки насосного оборудования в процессе опытов, при этом даже кратковременные остановки (на 10–20 мин.) в первые сутки делают откачку практически неинтерпретируемой. Остановки на заключительных этапах можно учесть, но при этом необходимо замерять восстановление уровней в процессе подобной остановки.

Продолжительность откачек не может быть назначена заранее, но она должна быть достаточной для получения в пределах зоны воздействия ОФР необходимого режима фильтрации и, следовательно, получения на индикаторном графике  $S = f(\ln t)$  необходимого участка. Наиболее точно продолжительность опыта может быть определена лишь в процессе самой откачки в полевых условиях. Приблизительно продолжительность откачек может быть определена на основании предварительного расчета с использованием параметров, полученных на предыдущей стадии изысканий.

Частота замеров уровней в процессе откачки должна определяться скоростью процесса. Частота замеров должна постепенно убывать, при этом между двумя ближайшими замерами следует выбрать такой промежуток времени, при котором величины приращения в 2–3 раза больше ошибок прибора, с помощью которого производится замер уровней.

Частота замеров уровня при восстановлении должна быть гораздо больше частоты при откачке, в частности, замеры восстановления в опытной скважине в начальные моменты следует повторять через несколько секунд.

Частота замеров дебита за исключением первых моментов времени должна совпадать с частотой замеров уровней.

В процессе откачки непосредственно в полевых условиях должны вестись журналы откачки, а также графики  $S = f(t)$ ,  $Q = f(t)$ ,  $S = f(\ln t)$ .

Интерпретация результатов опытных откачек должна проходить в два этапа: качественный и количественный.

Главной задачей качественного этапа интерпретации является схематизация области фильтрации, и обоснованный выбор расчетной схемы, т.е. проведение надежной диагностики результатов ОФР. На этом этапе должен быть проанализирован весь фактический геологический и гидрогеологический материал, а также результаты самого эксперимента. Исходным материалом для анализа являются схемы опыта, геологические колонки по опытным и наблюдательным скважинам; гидрогеологические разрезы по лучам наблюдательных скважин, карты гидро- и пьезоизогипс, построенные для наиболее характерных моментов эксперимента, графики зависимости понижений и расходов во времени, индикаторные графики  $S = f(\ln t)$ .

На этапе качественной интерпретации весьма желательно проведение прикидочных расчетов. При этом прикидочный расчет выполняет роль численного эксперимента по оценке непротиворечивости и физической правдоподобности вычисляемых параметров гипотетической расчетной схемы. В некоторых случаях тенденция изменения вычисляемых параметров могут подсказать выбор расчетной схемы. Например, различие в коэффициентах водопроницаемости, вычисленных по формуле Дюпюи, по различным лучам наблюдательных скважин может свидетельствовать о наличии плановой фильтрационной неоднородности; завышение параметров водопроницаемости примерно в два раза, даваемое методом временного прослеживания по сравнению с методом площадного прослеживания, может свидетельствовать о поступлении подземных вод из подстилающих и перекрывающих водоупоров.

На этапе количественной интерпретации производится вычисление гидрогеологических параметров по выбранной расчетной схеме.

В настоящее время при интерпретации опытных откачек применяются следующие методы: метод отношений, метод разно-

стей, графо-аналитический метод, который может быть подразделен на способы временного, площадного и комбинированного прослеживания, метод эталонной кривой, методы, основанные на использовании интегральных преобразований Лапласа и Лапласа – Карсона, методы, основанные на решении обратных задач с использованием аналогового или численного моделирования.

Перечисленные выше методы интерпретации данных опытных откачек являются примерно равноценными, если расчетная схема точно соответствует природной и, кроме того, отсутствуют осложняющие технические факторы. Однако в реальных условиях эти условия не выполняются, поэтому различные методы интерпретации данных откачек могут давать отклонения, связанные с чувствительностью метода к различным погрешностям расчетной схемы. Более надежные результаты обычно дают интегральные методы (графоаналитический, метод эталонной кривой). В настоящее время интерпретация результатов ОФР графоаналитическим методом является обязательной при утверждении эксплуатационных запасов подземных вод.

В курсовом проекте для интерпретации результатов опытных откачек может быть рекомендован графоаналитический метод для схемы неограниченного однородного полностью изолированного пласта (схема Ч. Тейса).

В этих условиях опытные данные обрабатываются на основании логарифмической аппроксимации формулы Тейса – Джейкоба

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2,25at}{r^2}. \quad (4.1)$$

Для оценки гидрогеологических параметров формула (4.1) преобразуется в виде уравнения прямой в полулогарифмических координатах – понижение как функция логарифма времени  $\ln t$  или расстояния  $\ln r$ , или комплексного показателя  $\ln(t/r^2)$ . В зависимости от выбранных координат различают три способа графоаналитической обработки данных опытных откачек.



1. Способ временного прослеживания. В этом случае формула (4.1) представляется в виде

$$S = A_t + C_t \ln t, \quad (4.2)$$

где  $A_t = C_t \ln 2,25at/r^2$ ;  $C_t = Q/4\pi T$ .

2. Способ площадного прослеживания. В этом методе обработка опытной информации проводится на основе модификации (4.1) в виде полулогарифмической прямой вида

$$S = A_r - C_r \ln r, \quad (4.3)$$

где  $A_r = \frac{C_r}{2} \ln 2,25at$ ;  $C_r = Q/2\pi T$ .

3. Способ комбинированного прослеживания. Обработка опытных данных ведется с помощью полулогарифмической прямой вида

$$S = A_K + C_K \ln \frac{t}{r^2}, \quad (4.4)$$

где  $A_K = C_K \ln 2,25at$ ;  $C_K = Q/4\pi T$ .

С использованием перечисленных выше способов, обработка данных опытных откачек проводится в следующем порядке:

1) результаты наблюдений наносятся на соответствующие графики:  $S = f(\ln t)$ ,  $S = f(\ln r)$  или  $S = f(\ln t/r^2)$ ;

2) совокупность опытных точек замещается прямой линией и определяются ее параметры; начальная ордината  $A$  и угловой коэффициент  $C$ ;

3) вычисляются фильтрационные параметры: при способе временного прослеживания

$$T = \frac{Q}{4\pi C_t}; \quad \ln a = \frac{A_t}{C_t} - \ln \frac{2,25}{r^2}; \quad (4.5)$$

при способе площадного прослеживания

$$T = \frac{Q}{2\pi C_r}; \quad \ln a = \frac{2A_r}{C_r} - \ln 2,25t; \quad (4.6)$$

при способе комбинированного прослеживания

$$T = \frac{Q}{4\pi C_K}; \quad \ln a = \frac{A_K}{C_K} - \ln 2,25. \quad (4.7)$$

Прямая линия, замещающая всю совокупность точек наблюдения, может быть проведена чисто визуально. Для уменьшения влияния субъективного фактора эта операция может быть осуществлена математически с помощью метода наименьших квадратов.

Для повышения информативности ОФР целесообразно комплексирование их с геофизическими работами (термометрия, резистивометрия, расходомертия и др.), а также со специальными миграционными запусками. При этом важно, чтобы результаты одиночных откачек обязательно контролировались данными кустовых или групповых откачек.

Режимные стационарные наблюдения ставятся для изучения режима подземных вод, т.е. изменений во времени основных характеристик подземных потоков, а также состава и свойств самих вод. Наиболее часто наблюдают режимы уровней (напоров), дебитов, температуры, химического и газового состава и прочих показателей состава и свойств подземных вод на специально построенной сети скважин.

По результатам режимных наблюдений могут быть решены задачи, связанные с изучением условий формирования подземных вод, закономерностей их питания и разгрузки, а также определены (или уточнены) расчетные гидрогеологические параметры.

Для проведения режимных наблюдений должна быть создана специальная сеть наблюдательных скважин. Режимная сеть должна охватывать по площади практически всю зону влияния, создаваемую проектируемым водозабором. Для изучения естественного режима подземных вод желательно иметь один-два пьезометра за пределами данной зоны. Необходимость изучения естественного режима воз-

никает, например, при необходимости его выделения среди искусственных режимобразующих факторов.

Глубина наблюдательных скважин зависит от глубины залегания водоносного горизонта, намечаемого к эксплуатации. Для изучения процессов перетекания подземных вод желательна конструкция наблюдательных скважин на соседние водоносные горизонты.

Наблюдательные скважины располагают по отдельным лучам, так называемым гидрогеологическим створам. Наиболее рационально совмещать лучи наблюдательных скважин с линиями тока подземных вод. Учитывая, что в направлении к водозабору поток подземных вод носит преимущественно радиальный характер, лучи наблюдательных пьезометров целесообразно направлять радиально к центру проектируемого водозабора. При изучении взаимосвязи подземных и поверхностных вод, а также гидрогеологической роли зон литологического выклинивания и тектонических контактов в дополнение к радиальной системе лучей необходимо иметь гидрогеологические створы, идущие перпендикулярно к контурам изучаемых границ. В некоторых случаях целесообразно сооружать гидрогеологические створы наблюдательных скважин по линиям максимальной изменчивости фильтрационных свойств, в том числе и по главным осям анизотропии.

Число лучей наблюдательных скважин (от двух до десяти и более) определяется степенью неоднородности водоносных горизонтов и сложностью границ области фильтрации. Количество скважин в каждом луче также определяется степенью фильтрационной неоднородности и колеблется от двух до шести. При рассредоточенном типе водозабора подземных вод целесообразно иметь наблюдательные пьезометры вблизи всех значительных групп водозаборных скважин.

Частота замеров уровня (напора) подземных вод, а также отбор проб воды на анализы определяются изменчивостью режима подземных вод. Промежуток времени между замерами уровней в наблюдательных скважинах в среднем колеблется от трех до десяти дней. В период интенсивного снеготаяния и прохождения паводков частота замеров увеличивается до одного-трех раз в сутки.

Частота отбора проб на химический анализ обычно меньше частоты замера уровней. В гидрохимически «вялых» районах обычно ограничиваются одним отбором в три четыре месяца.

Весьма серьезную проблему представляет собой поддержание наблюдательной сети в хорошем состоянии. Для этого необходима специальная периодическая чистка скважин. Для сужения об инерционности наблюдательных скважин необходимо проводить их экспресс-опробование. Отбор проб воды на химический анализ должен сопровождаться предварительной, достаточно длительной прокачкой скважин.

Продолжительность режимных наблюдений может изменяться от двух-трех лет до нескольких десятков лет. Для увеличения общей продолжительности режимных наблюдений целесообразно начинать их на стадии оценочных работ и вести их непрерывно во время разведки и освоения месторождения подземных вод.

По результатам режимных наблюдений составляются следующие документы: карты гидро- и пьезоизогипс на характерные моменты времени; графики изменения уровней (напоров) в наблюдательных скважинах во времени; на стадии эксплуатационной разведки составляются графики изменения дебитов водозаборных скважин.

## **5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**

1. Антонов В.В. Поиски и разведка подземных вод. СПб, изд. СПГГИ(ТУ), 2006, 100 с.
2. Антонов В.В. Поиски и разведка месторождений подземных вод. Л., изд. ЛГИ, 1983, 92 с.
3. Антонов В.В. Практикум по оценке эксплуатационных запасов подземных вод. Л., изд. ЛГИ, 1985, 71 с.
4. Антонов В.В. Гидрогеологические проблемы недропользования (прикладные аспекты). СПб., изд. «Пангея», 1997, 95 с.
5. Временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (подземные воды). М., МПР, 1998, 28 с.
6. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. М., МПР, 2007, 13 с.
7. Методические рекомендации по применению Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. М., МПР, 2007, 23 с.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. М.: Инф.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора РФ, 1999, 127 с.
9. СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» М., Госкомсанэпиднадзор России, 2000, 111 с.
10. СанПиН 2.1.4.1110 – 02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения». М., Госкомсанэпиднадзор России, 2002, 28 с.
11. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». М., Госкомсанэпиднадзор России, 2001, 111 с.
12. Рекомендации по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу материалов подсчета эксплуатационных запасов питьевых, технических и лечебных минеральных подземных вод. М., ГКЗ, 1998, 43 с.

## 6. ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1.

Общие положения из Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод [6]

1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод устанавливает единые для Российской Федерации принципы классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод.

2. Запасы питьевых, технических и минеральных подземных вод подсчитываются по результатам геологоразведочных работ, выполненных в процессе геологического изучения и оценки предоставленных в пользование участков недр, а также по данным разведки таких участков недр или эксплуатации действующих водозаборных сооружений для добычи подземных вод.

3. Прогнозные ресурсы питьевых, технических и минеральных подземных вод оцениваются по водоносным горизонтам (комплексам) в пределах артезианских гидрогеологических структур различных порядков (или их частей), речных бассейнов и водоносным горизонтам (комплексам) или водоносным зонам в пределах гидрогеологических складчатых областей.

4. Требования к качеству питьевых и минеральных подземных вод, а также к организации зон и округов санитарной (горно-санитарной) охраны водозаборных сооружений по их добыче определяются в порядке, установленном законодательством Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и о природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах.

5. Объектом подсчета запасов подземных вод является месторождение питьевых, технических и минеральных подземных вод. Объектом оценки прогнозных ресурсов являются водоносные горизонты (комплексы) в пределах артезианских гидрогеологических структур различного порядка, речных бассейнов, водоносные зоны гидрогеологических складчатых областей, фланги месторождений подземных вод, оцененные на основании комплекса благоприятных

гидрогеологических предпосылок, обоснованных по результатам региональных гидрогеологических исследований; регионального математического моделирования; балансовых и гидродинамических подсчетов; экспертных оценок с использованием данных геофизических и гидрометрических исследований, гидрогеологического опробования скважин различного назначения.

6. Подсчет и учет запасов месторождений питьевых, технических и минеральных подземных вод производится в расходах подземных вод (м<sup>3</sup>/сут.), которые могут быть получены на месторождении проектными водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и качестве воды, удовлетворяющем требованиям ее целевого использования в течение расчетного срока эксплуатации.

Оценка и учет прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод производится в расходах подземных вод (м<sup>3</sup>/сут.), которые могут быть получены из водоносных горизонтов (комплексов) условными обобщенными водозаборными сооружениями в пределах гидрогеологических структур, речных бассейнов, территорий субъектов Российской Федерации и административных образований, а также участков недр, перспективных для выявления месторождений подземных вод.

Приложение 2

Этапы и стадии гидрогеологических исследований [5]

Этапы	Стадии	Объекты изучения	Цели работ
<b>Этап I.</b> Региональное изучение недр для оценки прогнозных ресурсов подземных вод.	Стадия 1. Региональная оценка прогнозных ресурсов подземных вод.	Гидрогеологические бассейны и массивы, гидрогеологические районы, речные бассейны и водоохозяйственные участки территории субъектов Российской Федерации, отдельных административных, природно-географических и экономических районов.	Выяснение условий распространения и региональных закономерностей формирования ресурсов различных типов подземных вод и их оценка применительно к выделенным водоносным горизонтам, оцениваемым бассейнам, территориям, районам и площадям.
	<b>Этап II.</b> Поиски и оценка месторождений.	Стадия 2. Поисковые работы.	Перспективные площади и водоносные горизонты, выделенные в результате региональных гидрогеологических работ с прогнозными ресурсами по категории Р.
	Стадия 3. Оценка месторождения.	Выявленные на стадии «Поиски» или при региональных гидрогеологических исследованиях месторождения подземных вод.	Установление основных особенностей формирования эксплуатационных запасов подземных вод, принципиальная оценка возможного влияния водотока на окружающую среду, предварительная оценка эксплуатационных запасов подземных вод.



Этап III. Разведка и освоение месторождений.	Стадия 4. Разведка месторождения.	Месторождения, выявленные и оцененные на этапе «Поиски и оценка месторождения» и их отдельные участки. Месторождения, эксплуатируемые на неутвержденных запасах.	Гидрогеологическое и экологическое обоснование строительства нового или расширения существующего водозабора с выявлением эксплуатационных запасов в количестве, обеспечивающем работу водозабора в течение заданного срока эксплуатации.
	Стадия 5. Эксплуатационная разведка.	Эксплуатируемые месторождения подземных вод с утвержденными эксплуатационными запасами.	Выявление соответствия режима эксплуатации прогнозным расчетам, получение исходных данных для переоценки эксплуатационных запасов, обоснование рационального режима эксплуатации.

Приложение 3.

Нормируемые показатели качества питьевых вод [11]

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК)), не более	Показатель вредности <sub>1)</sub>
Обобщенные показатели			
Водородный показатель,	единицы рН	в пределах 6 – 9	
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500) <sub>2)</sub>	
Жесткость общая	ммоль/л	7,0 (10) <sub>2)</sub>	
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0	
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1	
Поверхностно-активные (ПАВ), анионо-активные	мг/л	0,5	
Фенольный индекс	мг/л	0,25	
Неорганические вещества			
Алюминий (Al <sup>3+</sup> )	мг/л	0,5	с.-т.
Барий (Ba <sup>2+</sup> )	- « -	0,1	- « -
Бериллий (Be <sup>2+</sup> )	- « -	0,0002	- « -
Бор (В, суммарно)	- « -	0,5	- « -
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3 (1,0) <sub>2)</sub> орг.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	- « -	0,001	с.-т.
Марганец (Mn, суммарно)	- « -	0,1 (0,5) <sub>2)</sub>	орг.
Медь (Cu, суммарно)	- « -	1,0	- « -
Молибден (Mo, суммарно)	- « -	0,25	с.-т.
Мышьяк (As, суммарно)	- « -	0,05	с.-т.
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	с.-т.
Нитраты (по NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	- « -	45	орг.
Ртуть (Hg, суммарно)	- « -	0,0005	с.-т.
Свинец (Pb, суммарно)	- « -	0,03	- « -
Селен (Se, суммарно)	- « -	0,01	- « -
Стронций (Sr <sup>2+</sup> )	- « -	7,0	- « -
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	- « -	500	орг.
Фториды (F)			
Для климатических районов			
- I и II	- « -	1,5	с.-т.
- III	- « -	1,2	- « -
Хлориды (Cl <sup>-</sup> )	- « -	350	орг.
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	- « -	0,05	с.-т.

Цианиды (CN <sup>-</sup> )	- « -	0,035	- « -
Цинк (Zn <sup>2+</sup> )	- « -	5,0	орг.
Органические вещества			
Г-ГХЦГ (линдан)	- « -	0,002 <sub>3)</sub>	с.-т.
ДДТ (сумма изомеров)	- « -	0,002 <sub>3)</sub>	- « -
2,4-Д	- « -	0,03 <sub>3)</sub>	- « -
Примечания:			
1) Лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив: «с.-т.» – санитарно-токсикологический, «орг.» – органолептический.			
2) Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки			
3) Нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.			

#### Приложение 4.

Время  $T_m$  для расчета границ 2-го пояса зон санитарной охраны [10]

Гидрогеологические условия	$T_m$ (в сутках)	
	В пределах I и II климатических районов	В пределах III климатического района
1. Недостаточно защищенные подземные воды (грунтовые воды, а также напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие непосредственную гидравлическую связь с открытым водоемом)	400	400
2. Защищенные подземные воды (напорные и безнапорные межпластовые воды, не имеющие непосредственной гидравлической связи с открытым водоемом)	200	100

Примечание:  $T_m$  - время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору.

## Содержание

1. Введение.....	3
2. Состав курсового проекта.....	3
3. Содержание основных разделов курсового проекта.....	4
4. Рекомендации по проектированию опытно-фильтрационных работ и режимных стационарных наблюдений.....	12
5. Список рекомендуемой литературы и нормативных документов.....	20
6. Приложения.....	21