

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

На правах рукописи



**Козырев Владимир Иванович**

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДОТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ  
«ВОДОНОСНЫЙ ПЛАСТ-СКВАЖИНА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПРЕЦИЗИОННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА  
ВОДОЗАБОРАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 1.6.6 – Гидрогеология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
доктор геол.-мин.наук,  
доцент Бешенцев В.А.

Тюмень – 2022

## Оглавление

	стр.
<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Гидрогеологические условия района исследований</b> .....	14
1.1. Гидрогеологическая стратификация Западно-Сибирского мегабассейна .....	14
1.2. Характеристика основных гидрогеологических комплексов и водоносных горизонтов.....	23
<b>2. Обзор и анализ исследований на основе прецизионных наблюдений и экспресс-исследований</b> .....	31
<b>3. Методы изучения природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина»</b> .....	39
3.1. Методы, основанные на мгновенном изменении уровня воды в опытной скважине посредством насосного оборудования.....	44
3.2. Методы, основанные на мгновенном изменении уровня воды в опытной скважине посредством специальных приборов и опробователей пластов.....	49
<b>4. Изучение природнотехногенной системы «водоносный пласт- скважина» с использованием прецизионных гидрогеологических наблюдений</b> .....	57
4.1. Технология комплексирования экспресс-исследований для изучения природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» на месторождениях пресных подземных вод.....	58
4.1.1. Результаты применения технологии комплексирования экспресс- исследований.....	61
4.1.2. Группирование эксплуатационных скважин водозаборов Тюменской группы по степени надежности их работы.....	68
4.2. Сопоставительный анализ результатов экспресс и традиционных методов исследований.....	74
4.3. Трансформация фильтрационных свойств горных пород при	

длительной эксплуатации месторождений пресных подземных вод, расположенных на территории Тюменской области.....	79
<b>Заключение.....</b>	<b>87</b>
<b>Перечень сокращений и обозначений.....</b>	<b>90</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>92</b>
<b>Список рисунков.....</b>	<b>109</b>
<b>Список таблиц.....</b>	<b>113</b>
<b>Приложения.....</b>	<b>114</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

В настоящее время основным источником питьевого водоснабжения населения поселков и городов, технического обеспечения водой нефтепромыслов и промышленности в Западной Сибири являются пресные подземные воды, которые содержатся в отложениях эоцен-четвертичного возраста. В условиях интенсификации водопотребления подземные воды, как источник водоснабжения, являются весьма значимыми и, в ряде случаев безальтернативными, по следующим причинам:

- наличие подземных вод питьевого качества в запрашиваемых объемах везде, где есть потребность их использования;

- качество подземных вод позволяет их использовать в питьевых целях, в случаях несоответствия существует возможность доведения до питьевого стандарта [110];

- качество подземных вод слабо меняется во времени, поэтому мероприятия по водоподготовке длительное время постоянны;

- подземные воды являются стратегическим видом полезных ископаемых и в случаях чрезвычайных ситуаций – единственным возможным источником питьевого водоснабжения;

- подземные воды имеют достаточную степень естественной защищенности от антропогенного загрязнения.

На территории Тюменской области добыча подземных вод в значительной степени осуществляется малыми автономными, групповыми водозаборами и одиночными водозаборными скважинами, для которых получение достоверных гидрогеологических параметров и граничных условий водоносного горизонта в рамках традиционных гидродинамических методов исследования затруднено. Для решения задач подсчета запасов пресных подземных вод на рассматриваемых водозаборах актуальным является разработка специализированных методов изучения природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» (СВПС).

В условиях, когда существуют ограничения по времени на опытно-фильтрационные работы, когда расстояния между водозаборными скважинами малы, когда величины возмущения скважин незначительны, изучить природотехногенную систему «водоносный пласт-скважина» и получить исходный материал для выполнения прогноза понижений уровня подземных вод при подсчете запасов позволяют экспресс-исследования, основанные на применении прецизионных наблюдений за уровнем подземных вод. Прецизионные измерения (чувствительность регистрации уровня подземных вод до 1 мм.) [42, 51, 52, 55, 61, 85, 86, 95, 103] позволяют диагностировать изменения уровня в диапазоне периодов от секунд-минут до десятков-сотен суток [61].

Более половины групповых и автономных одиночных водозаборов из подземных источников расположены в границах разрабатываемых в настоящее время нефтегазовых месторождений, а также в зонах активного промышленного освоения и градостроения, для которых необходимо контролировать динамику фильтрационной среды (изменения порового пространства водовмещающих пород) и техническое состояние скважины с определенной периодичностью, в кратчайшие сроки и с высокой степенью детализации изучаемой площади, с целью предотвращения и своевременного реагирования на загрязнение подземных вод. Высокая техногенная нагрузка на природную среду и недра (в том числе и на подземные воды) определяет научную и практическую значимость решения этих вопросов [4, 5, 6, 7, 8, 35, 54, 64, 90, 106, 122]. Применительно к задачам таких мониторинговых исследованиях актуальность разработки и применения экспресс методов также усиливается.

Обеспечение населения России качественной питьевой водой является одной из приоритетных проблем [34, 36, 67, 115].

### **Степень разработанности темы**

Прецизионные гидрогеологические наблюдения применяются в основном на скважинах, расположенных в сейсмоактивных районах (Г.С. Вартамян, В.О. Волейшо, И.Г. Киссин, Г.Н. Копылова, В.М. Беликов, Г.А. Ишанкулиев, Г.В. Куликов, А.А. Рыжов, Ф.И. Монахов, В.Л. Барабанов, А.Ю. Гриневский, В.М.

Марков и др.). На платформенных территориях прецизионные измерения (ПИ) используются на отдельных объектах в ограниченном объеме, в основном для решения научно-методических задач (А.Л. Багмет, М.И. Багмет, А.Ю. Каплан, А.Ю. Пашнин, А.А. Любшин, В.А. Малугин, О.С. Казанцева, Э.М. Горбунова, А.Н. Беседина, Е.А. Виноградов, В.В. Адушкин и др.).

Разработкой и применением экспресс-методов в практике гидрогеологических исследований занимались как отечественные так и зарубежные исследователи: Ф.М. Бочеввер, В.С. Алексеев, И.М. Гершанович, А.Р. Курчиков, В.А. Сайтов, Б.С. Шержуков, В.С. Алексеев, А.Д. Курманенко, В.Т. Гребанников, И.Г. Киссин, В.Л. Барабанов, А.О. Грневский, Башмаков В.И., Вартанян Г.С., Григоренко С.Ф., Barker J.A., Herbert R., Holmes D.C., Leap Darrell I., Wylie Allan, Wood Thomas R., Sageev Abraham, Patterson R.J., Devlin J.F., Alexander J., Sims P.C., Ternan J.L., Keller C.Kent, Van der Kamp G. и др.

В пределах Тюменской области работы по внедрению и использованию прецизионных исследований применительно к задачам анализа эксплуатации водозаборов пресных подземных вод проводились в 1980-х годах сотрудниками отдела гидрогеологии ЗапСибНИГНИ (А.Д.Резник, М.С. Шутов, В.И. Козырев и др.).

**Цель работы** – совершенствование методов, базирующихся на использовании прецизионных наблюдений, для определения параметров системы «водоносный пласт-скважина» и оперативного мониторинга условий эксплуатации месторождений пресных подземных вод Тюменской области.

**Основные задачи исследований:**

1. Усовершенствовать методы экспресс-исследований, технические средства и способы обработки результатов на основе применения прецизионных измерений для изучения СВПС.
2. Применить технологию комплексирования экспресс-исследований для изучения СВПС на МППВ.
3. Определить основные параметры природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» на водозаборах Тюменской области.

4. Установить факторы, влияющие на образования гидравлических потерь в природнотехногенной системе «водоносный пласт-скважина» на водозаборах Тюменской области.
5. Провести сопоставительный анализ результатов исследований полученных при длительных и кратковременных откачках.
6. Оценить влияние длительной эксплуатации месторождений пресных подземных вод на природнотехногенную систему «водоносный пласт-скважина».

**Объект и предмет исследований.** Объектом исследований является природнотехногенная система «водоносный пласт-скважина». Система, состоящая из совокупности элементов (фильтра скважины, призабойной зоны и т.д.) созданных человеком, взаимосвязанных как между собой, так и со средой (водоносный пласт) и образующих целостность в процессе добычи подземных вод.

Предметом исследований являются методы прецизионных наблюдений при проведении гидродинамических исследований водозаборных скважин и их применение в решении задач оценки состояния природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» на территории Тюменской области.

### **Научная новизна**

1. Предложен подход по комплексированию экспресс-методов с использованием прецизионных наблюдений, обеспечивающий оперативное и достоверное определение гидродинамических параметров пласта и оценку технического состояния водозаборных скважин.
2. Установлены основные критерии, определяющие состояние водозаборных скважин – пригодных для эксплуатации, пригодных с проведением мероприятий по их реконструкции, и скважин, дальнейшая эксплуатация которых не целесообразна.
3. Выявлено, что продолжительная и интенсивная эксплуатация МППВ и участков одиночных водозаборов в Тюменской области приводит к улучшению фильтрационных свойств горных пород.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Материалы исследований могут быть использованы при:

- изучении фильтрационных свойств горных пород;
- подсчете запасов подземных вод на участках недр эксплуатируемых одиночными и малыми групповыми водозаборами;
- мониторинговых исследованиях на месторождениях подземных вод.

Методы исследований, технические средства и способы обработки полученных результатов на основе применения прецизионных измерений использовались в лаборатории гидродинамики ЗапСибНИГНИ с целью изучения технологического состояния водозаборных скважин и уточнения расчетных гидрогеологических параметров Велижанского и Нижнетавдинского месторождений для обоснования оптимальной схемы реконструкции водозаборов (Заказчик – Тюменский «Водоканал», ПО «Жилкомхоз» Тюменского городского совета, 1988 – 1992 гг.), результаты исследований - для предварительной оценки эксплуатационных запасов пресных подземных вод на территории Нижнетавдинского района для водоснабжения г. Тюмени (Заказчик – Администрация города Тюмени, 1992 г.).

Автор являлся соисполнителем темы, выполненной в рамках тематического плана Минобразования РФ «Изучение и перспективы использования гидроминеральных ресурсов Тюменского региона» научно-технической программы Минобразования России «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники (подпрограмма «Топливо и энергетика», 1994 г.).

Полученная исходная информация в результате выполнения экспресс-исследований на участках недр эксплуатируемых одиночными и малыми групповыми водозаборами в пределах Широкого Приобья использована при подсчете запасов подземных вод (на водных объектах следующих недропользователей: ПМУП «Управление тепловодоснабжения», 2006 г; ОАО МПК «Аганнефтегазгеолгия», 2006, 2007 г.г; ООО «Западно-Малобалыкское», 2006, 2007 г.г; Нефтяная компания «Салым Петролеум Девелопмент НВ», 2007 г;

ООО «РН-Юганскнефтегаз», 2008, 2019 гг; ОАО «Сургутнефтегаз», 2009 – 2020 г.г. и др.).

Экспресс-откачки и их результаты использовались при проведении региональных исследований на территории Ханты-Мансийского автономного округа по заданию Правительства ХМАО-Югры (2013-2014 годы) в рамках целевой программы «Чистая вода» (утв. Постановлением Правительства ХМАО – Югры от 19.11.2010 г №297-п) с целью увеличения доли населения, обеспеченного питьевой водой, качество которой отвечает нормам предельно допустимых концентрации компонентов (ПДК), установленным действующим санитарно-гигиеническим требованиям СанПиН.

Изучение природнотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» проводилось и на территории Нефтеюганского района в процессе разведочных работ по выявлению резервного источника водоснабжения г. Нефтеюганска (2009 год), при пересчете запасов подземных вод Нефтеюганского МППВ (2016 г.), Пыть-Яхского МППВ (2017-2018 гг.).

### **Исходный материал и методы исследования**

Диссертационная работа базируется на материалах, полученных при выполнении гидрогеологических исследований на десяти месторождениях пресных подземных вод и пятнадцати автономных ведомственных водозаборах Тюменской области, полученных с использованием прецизионных наблюдений. На водозаборах Западно-Карагандинском, Северо-Карагандинском, Восточно-Карагандинском и Тавдинском месторождениях для изучения СВПВ в период с 1988 г. по 1992 г. в зависимости от состояния водозаборных скважин использовались следующие методы: метод определения гидродинамических параметров, посредством режимного возбуждения пласта насосным оборудованием, установленным в скважину (экспресс-откачка) и экспресс-метод, основанный на возбуждении водоносного пласта, посредством погружения под уровень цилиндрического тела фиксированного объема (снарядное испытание скважины). На водозаборах Широкого Приобья в период с 2005 по 2019 годов применялись только экспресс-откачки. В разное время (2005-2017 гг.) в пределах

изучаемой площади, на Нефтеюганском, Ишимском, Восточно-Тараскульском, Пять-Яхском, Холмогорском МППВ выполнено 6 кустовых откачек.

Исходный материал содержит данные исследований по 155 скважинам. Изучение СВПС проведено по 124 точкам опробования, глубина скважин по Тюменской группе месторождений достигает 100 метров, на водозаборных участках Широного Приобья – 300 метров.

В работе также использовались данные геологоразведочных работ, начиная с 1966 года, проводимых с целью поиска и разведки подземных вод для водоснабжения городов Тюмень, Ишим, Нефтеюганск и других.

#### **Защищаемые положения:**

1. Комплексирование экспресс исследований с использованием прецизионных гидрогеологических наблюдений на месторождениях пресных подземных вод Тюменской области позволяет оперативно оценивать состояние системы «водоносный пласт–скважина» и выполнять группирование водозаборных скважин по признакам, влияющим на степень надежности и продолжительность их работы.
2. Гидродинамические параметры, определенные по результатам применения экспресс-методов на МППВ Тюменской области, сопоставимы с параметрами, рассчитанными при интерпретации опытных данных полученных в результате выполнения длительных одиночных и кустовых откачек. Использование экспресс-методов обеспечивает достоверность прогнозных расчетов при подсчете эксплуатационных запасов подземных вод участков недр, эксплуатируемых одиночными и малыми групповыми водозаборами, повышает надежность оценки изменения режима подземных вод при мониторинговых исследованиях.
3. Многолетняя эксплуатация МППВ, расположенных в Тюменской области, активизирует процессы перестройки вертикальных фильтрующих каналов, что в большинстве случаев приводит к улучшению фильтрационных свойств горных пород: к увеличению коэффициентов водопроводимости и перетекания.

### **Личный вклад**

В начале исследовательской деятельности (начиная с 1981 года) автором совместно с сотрудниками ЗапСибНИГНИ А.Д. Резником и М.С. Шутовым были выполнены работы по совершенствованию методов исследований, технических средств и способов обработки полученных результатов. Далее выполнялись многолетние исследования в границах Тюменской области экспресс-методами на основе прецизионных наблюдений для получения информации по детальному изучению СВПС. Выполнены систематизация, анализ и интерпретация большого объема полученных данных исследований.

В рамках исследовательской деятельности по теме диссертации автором был собран, проанализирован и обобщен фактический материал, полученный в результате проведения многолетних полевых, опытно-рационализаторских работ на водных объектах г. Тюмени и Широкого Приобья. Автор непосредственно принимал участие в постановке и реализации опытных гидрогеологических работ, в совершенствовании методических и технических средств исследований, анализе данных и их научной интерпретации.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Методы оценки гидродинамических параметров, определенных по данным экспресс-откачек, основаны на строгих теоретических моделях фильтрации, а результаты их применения прошли многократную апробацию в государственной комиссии по запасам в процессе утверждения запасов пресных подземных вод месторождений Тюменской области.

Достоверность результатов исследований подтверждается комплексными исследованиями на водозаборных скважинах Велижанского водозабора, а также сходимостью оценок параметров коллекторов, полученных по результатам длительных и кратковременных откачек в пределах Широкого Приобья.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на областной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Тюмень, 1984 г.); Всесоюзном совещании по подземным водам Востока СССР (гг. Иркутск-Чита, «ЧИТАГЕОЛОГИЯ», 1985 г.); пятой годичной

конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и её складчатого обрамления» (Тюмень, 1985 г.); на научно-техническом совете института «ЗапСибНИГНИ» (Тюмень, 1991 г.); на Всероссийской научной конференции «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна» (Тюмень, 2007 г., 2011 г.); на Всероссийских совещаниях по подземным водам Востока России (г. Тюмень, 2009 г., г. Якутск, 2015 г., г. Иркутск, 2021 г.); на международной научно-технической конференции «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации)» (Тюмень, 2016 г.).

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 24 работы, в том числе 5 работ опубликованы в издании, рекомендованном ВАК Минобрнауки России, 1 – в изданиях, международных баз цитирования (Scopus). Получено 1 авторское свидетельство СССР, два удостоверения на рационализаторские предложения.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка источников, включающего 152 наименования. Объём диссертации составляет 138 страниц текста, включая 48 рисунков и 10 таблиц.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю признательность и глубокую благодарность доктору геолого-минералогических наук, член-корреспонденту РАН, заслуженному геологу Российской Федерации Аркадию Романовичу Курчикову за определение задач исследований, поддержку в их практической реализации, постоянное внимание, помощь и содержательные ценные советы в работе над диссертацией.

Автор бережет память о профессоре Владимире Михайловиче Матусевиче за советы и помощь в процессе выполнения данной работы.

За своевременную и ценную поддержку, советы автор благодарит своего научного руководителя, доктора геолого-минералогических наук, профессора кафедры геологии месторождений нефти и газа ТИУ Владимира Анатольевича Бешенцева.

Особую благодарность автор выражает за плодотворное сотрудничество и содействие следующим ученым и специалистам: Б.П. Ставицкому, Ю.К. Смоленцеву, Н.И. А.Д. Резнику, Зенкову, А.Г. Плавнику, Ю.В. Васильеву, А.Д. М.С. Шутову, Лобачеву, Р.Г. Новосельцевой, В.Т. Цацульникову, с кем на разных этапах исследований обсуждались проблемные вопросы, подходы к их решению и анализировались полученные результаты. Автор благодарен своим коллегам О.С. Мальфановой, Г.А. Поветкиной, Э.Э. Никольской, И.И. Малаховой Т.С. Власовой, Е.В. Кугач за помощь и поддержку.

# 1. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1. Гидрогеологическая стратификация Западно-Сибирского мегабассейна

М.С. Гуревич в 1952 году впервые рассматривает Западно-Сибирскую низменность как огромный артезианский бассейн. Группа гидрогеологов Западной Сибири в 1970 году [25] выделила в пределах Западно-Сибирской равнины артезианский бассейн, который является одним из самых крупных в мире. В разрезе бассейна рассматривались два гидрогеологических этажа и пять гидрогеологических комплексов (рисунок 1.1).

По мере накопления и изучения геологической и гидрогеологической информации почти 4-х километровой толщи платформенного чехла и частично фундамента, представления о гидрогеологической стратификации Западно-Сибирской плиты подверглись изменениям, стали более современными на данном уровне знаний.

В.М. Матусевич в границах всей мегаструктуры Западно-Сибирской плиты выделил Западно-Сибирский мегабассейн (ЗСМБ) [77, 78] как надпорядковый подземный водный резервуар. Основанием для такого выделения послужили условия залегания подземных вод, условия их движения (механизм создания напора) по А.А. Карцеву [40] и геодинамическая модель развития Западно-Сибирской плиты. В.М. Матусевич представил ЗСМБ, состоящий из трех самостоятельных сложных наложенных друг на друга резервуаров I порядка (гидрогеологических бассейнов): палеозойского, мезозойского и кайнозойского [80, 82, 84].

В срезе гидрогеологических бассейнов выделяются 7 этажно залегающих гидрогеологических комплексов: олигоцен-четвертичных и турон-эоценовых отложений в кайнозойском бассейне; апт-альб-сеноманских, неокомских, верхнеюрских и нижне-среднеюрских отложений в мезозойском бассейне; триас-палеозойских отложений – в палеозойском бассейне [82].

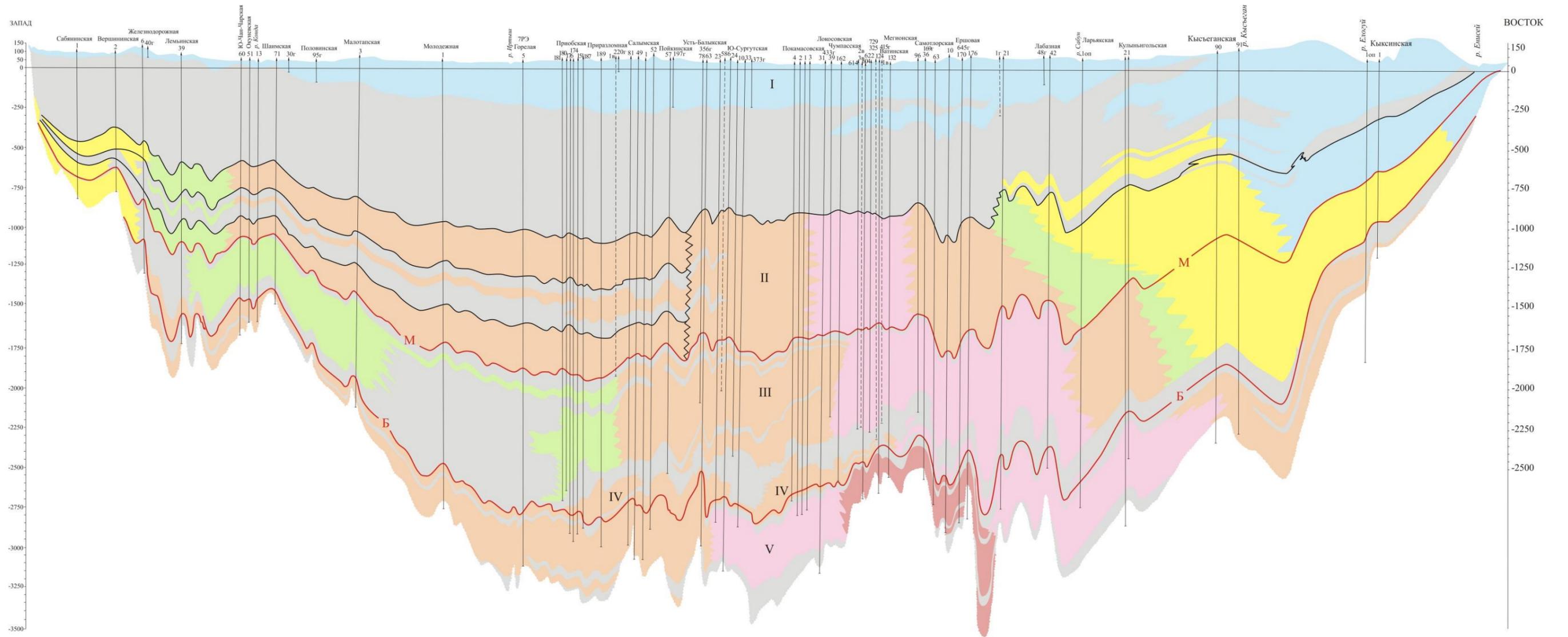


Рисунок - 1.1. Схематический региональный гидрогеологический разрез (по А.Д. Лобачеву, Ю.В. Махневу, А.А. Розину, Б.П. Ставицкому, 1965, Ю.В. Брадучану, 1985, с дополнениями коллективом авторов НИИГИГ, 2007).

**Условные обозначения:**

Водоносные комплексы:

I - Оligocen-четвертичный

II - Апт-сеноманский

III - Неокомский

IV - Берриас -валанжинский

V - Юрский

- Отражающий сейсмогоризонт Б

- Отражающий сейсмогоризонт М

- водоупор

Минерализация (г/л):

- до 1;
- 1-5;
- 5-10;
- 10-20;
- 20-30;
- >30.

Палеозойский гидрогеологический бассейн представлен трещинно-жильными и трещинно-карстовыми разностями, образовавшимися в результате процессов выветривания, карстообразования и последующих тектонических напряжений, отличается отсутствием гранулярных коллекторов. Состоит из трех разновозрастных мегаблока земной коры, которые сочленяются по системе глубинных разломов (грабен-рифтов), одним из крупнейших является Уренгойско-Колтогорский грабен-рифт (часть Омско-Гыданской структурной зоны) (ОГСЗ). Характеризуется большой гидравлической разобщенностью отдельных водоносных зон с крайне изменчивой водообильностью. Доминирующим типом водонапорных систем является инфильтрационная и элизионная геодинамическая, не исключая развития на отдельных участках и элизионной термогидратационной.

Отличительной чертой бассейна обнаруживается сложная гидрогеодинамическая обстановка. По его краям и Тургайском прогибе верхние горизонты дренируются долинами рек и котловинами озёр (древняя Убоганская долина р.Тобол, озера Селеты-Тенгиз, Кызылкак и др.). Наклон пьезометрической поверхности в целом по площади направлен к центру и к северу.

Мезозойский гидрогеологический бассейн по собственному гидрогеодинамическому и гидрогеохимическому облику является гетерогенным. Это объясняется определёнными чертами унаследованности в его развитии: тектонические мегаблоки фундамента (палеозойский бассейн) в определенной степени прослеживаются в строении осадочного чехла (мезозойский бассейн), к которым приурочены водонапорные системы, отличающиеся друг от друга историей развития и, как следствие, современными гидрогеологическими условиями. Бассейн представлен коллекторами порово-пластового типа с подчиненным развитием локальных трещинно-жильных структур.

В пределах мезозойского бассейна выделяются три водонапорные системы: инфильтрационные водонапорные системы (ВНС), приурочены к юго-западному, приуральскому и восточному мегаблокам; водонапорная система в границах западного мегаблока, с элизионным литостатическим водообменом; водонапорная

система с элизионным геодинамическим водообменом на участках сопряжения тектонических мегаблоков (ОГСЗ), Аганский и Худуттейский рифты, Восточно-Уральский краевой шов.

Кайнозойский гидрогеологический бассейн состоит из следующих гидрогеологических комплексов: олигоцен-четвертичных (первый гидрогеологический комплекс) и турон-эоценовых отложений (второй гидрогеологический комплекс).

Второй гидрогеологический комплекс кайнозойского бассейна содержит морские и прибрежно-морские отложения эоцен-турунового возраста. Отложения комплекса по своему составу на 70-90% представлены глинами туронской трансгрессии и являются водоупором, разделяющим мезозойский и кайнозойский гидрогеологические бассейны в большей части территории ЗСМБ (кроме краевых частей). Мощность отложений в центральной части ЗСМБ изменяется от 650 м до 800 м. Водовмещающие слои развиты в основном на окраинах мегабассейна, воды пресные, чаще – солоноватые гидрокарбонатно-хлоридного натриевого состава.

Первый гидрогеологический комплекс кайнозойского бассейна рассматривается Ю.К. Смоленцевым [83] как кайнозойско-меловая система бассейнов стока (КМСБС) или как кайнозойско-меловой гидрогеологический резервуар (КМГР) [112]. Данный комплекс является верхней гидрогеологической структурой.

Отличительной чертой геологического строения КМСБС является сложный литофациальный состав отложений, чередование проницаемых и водоупорных (глинистых) пластов и горизонтов, резко выраженная невыдержанность по простиранию и мощности водоносных и разделяющих пластов или же их групп.

Мощная толща глинистых отложений второго гидрогеологического комплекса имеет огромное значение для формирования подземного стока КМСБС. Как было отмечено ранее, она отделяет верхнюю безнапорно-водонапорную систему бассейнов стока от мезозойского гидрогеологического бассейна. Граница отделения определяется глубиной заметного дренирующего воздействия речной системы, в восточных районах 600-800 м, в Приуралье – 100-

200 м, в центральных – 300-400 м и в юго-восточных – до 500 м (по данным Ю.К. Смоленцева [82, 83]).

По возрасту пород-коллекторов порово-пластового типа, по своему гидродинамическому и гидрогеохимическому облику кайнозойско-меловая система гетерогенна. На значительной части территории геосинеклизы, где развиты глины турон-олигоценового возраста (региональный водоупор), верхняя система представлена совокупностью этажно залегающих водоносных горизонтов в отложениях кайнозойского возраста. В области отсутствия регионального водоупора (в восточной части, по южной и западной её периферии) – совокупность водоносных горизонтов в кайнозойских, меловых и даже юрских осадках [82].

Тектонические движения и последовательные изменения палеогеографической обстановки главным образом участвовали в формировании коллекторов водообменной системы. Кроме этого, неотектонические движения определили и основные черты современной динамики вод зоны гипергенеза Западно-Сибирской равнины и развитие системы бассейнов стока – естественных гидрогеологических районов верхней гидрогеологической структуры мегабассейна.

Фильтрационное пространство КМСБС в плане мозаично разобщено гидродинамическими границами – реками-дренами того или иного порядка на отдельные междуречные участки, единый поток подземных вод отсутствует. Зарождение и формирование потоков подземных вод зоны дренирования равнины происходит в границах бассейнов стока подземных вод, совпадающих с бассейнами рек. Что позволило Ю.К. Смоленцеву предложить в качестве резервуара подземных вод для зон интенсивного и слегка затрудненного водообмена «бассейн стока подземных вод».

Выделяются две группы бассейнов стока подземных вод: северная и южная. Бассейны разделены по Обь-Енисейской положительной морфоструктуре, которая соответствует Сибирско-Увальской гряде. Зародилась Сибирско-Увальская гряда (Сибирские Увалы) в середине олигоцена – начале палеогена, орографически и

геоморфологически оформилась к тобольскому времени. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 175 до 285 м. Гряда вытянута в широтном направлении от Уральских гор до Енисейского кряжа и только в двух местах прорезана крупнейшими реками Сибири – Оби и Енисея (рисунок 1.2). В целом эта возвышенность является водоразделом для более мелких рек, текущих в северном и южном направлениях [25], и является своеобразной орографической широтной осью Западно-Сибирской равнины.

Сибирские увалы обуславливают направление стока поверхностных и подземных вод верхней гидрогеологической структуры, исполняют значимую роль в формировании ресурсов пресных подземных вод ЗСМБ.

В северную группу бассейнов стока входят Прикарский, Нижне-Обский, Гыданский, Пур-Тазовский и Нижне-Енисейский бассейны. Южная группа включает в себя Тобольский, Средне-Обский, Средне-Енисейский, Иртышский и Верхнее-Обский бассейны стока подземных вод. Бассейны южной группы располагаются преимущественно в области отсутствия многолетней мерзлоты, с весьма избыточным, неустойчивым, недостаточным и весьма недостаточным увлажнением.

Основные ресурсы пресных подземных вод ЗСМБ формируются в Средне-Обском, Средне-Енисейском, Верхнее-Обском и северной части Тобольского бассейнах стока. Экономическая ценность водно-ресурсного потенциала территории тем выше, чем больше доля «устойчивой» подземной составляющей стока, величина которой количественно определяется модулем подземного стока. Подземный сток зоны свободного водообмена в районах с постоянно действующей гидрографической сетью формируется под дренирующим воздействием речных систем. В целом по территории в границах Тюменской области модуль подземного стока изменяется от 0,04 до 5,15 л/с×км<sup>2</sup>. По субъектам – ЯНАО от 0,2 до 4 л/с×км<sup>2</sup>, ХМАО от 0,04 до 5,15 л/с×км<sup>2</sup> и юг Тюменской области от 0,05 до 1,5 0,04 до 5,15 л/с×км<sup>2</sup> [68, 73].

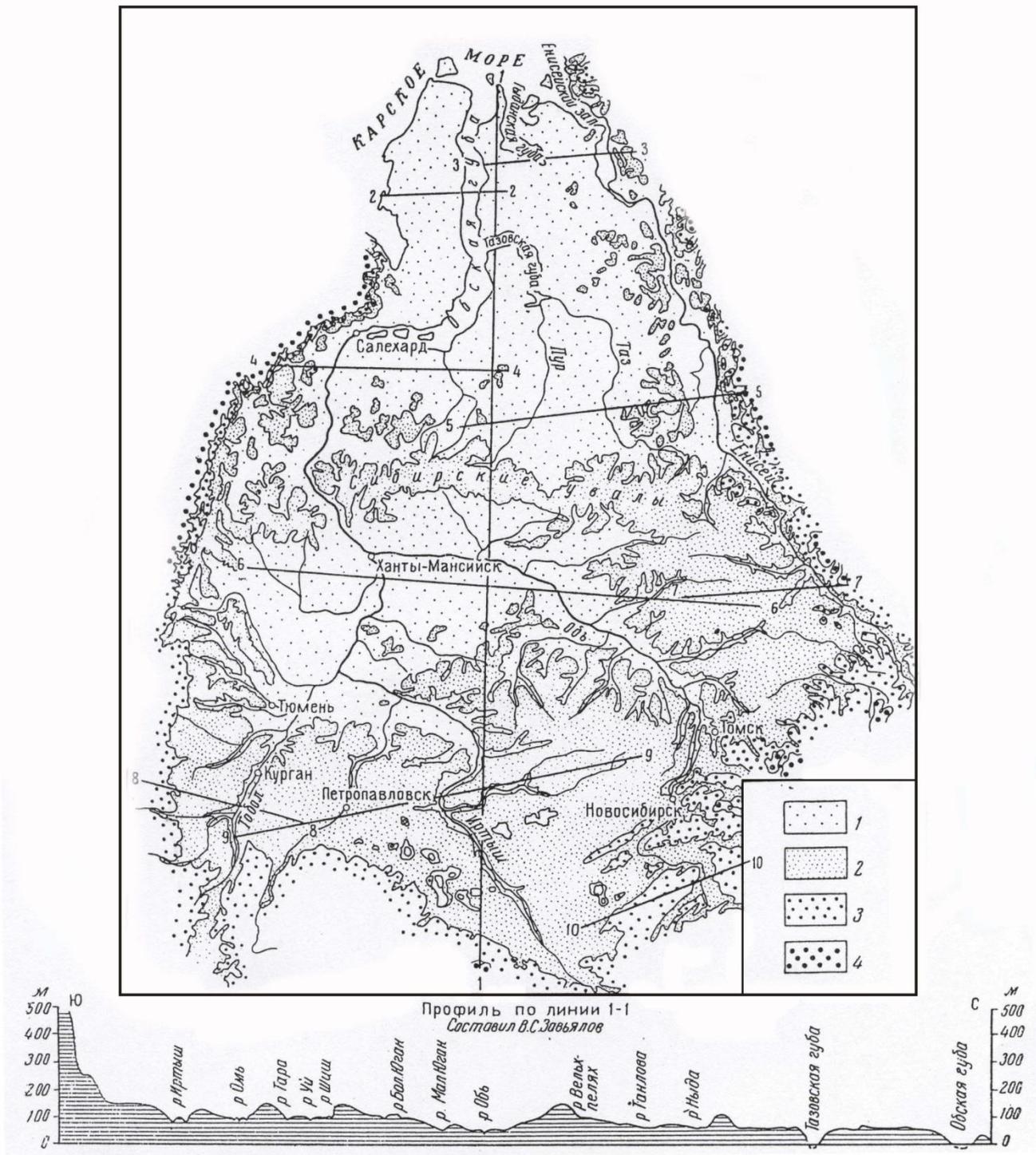


Рисунок - 1.2. Схематическая гипсометрическая карта  
(составили Н.А. Мошкина, А.Н. Храмцова)

Высоты, м: 1 - до 100; 2 - от 100 до 200; 3 - от 200 до 400; 4 - 400-600 и выше

Исследования по теме диссертационной работы выполнялись на объектах расположенных в пределах Среднеобского и Тобольского бассейнов стока (рисунок 1.3). Подземные воды отложений олигоценевого возраста в указанных бассейнах имеют повсеместное распространение (рисунок 1.4).

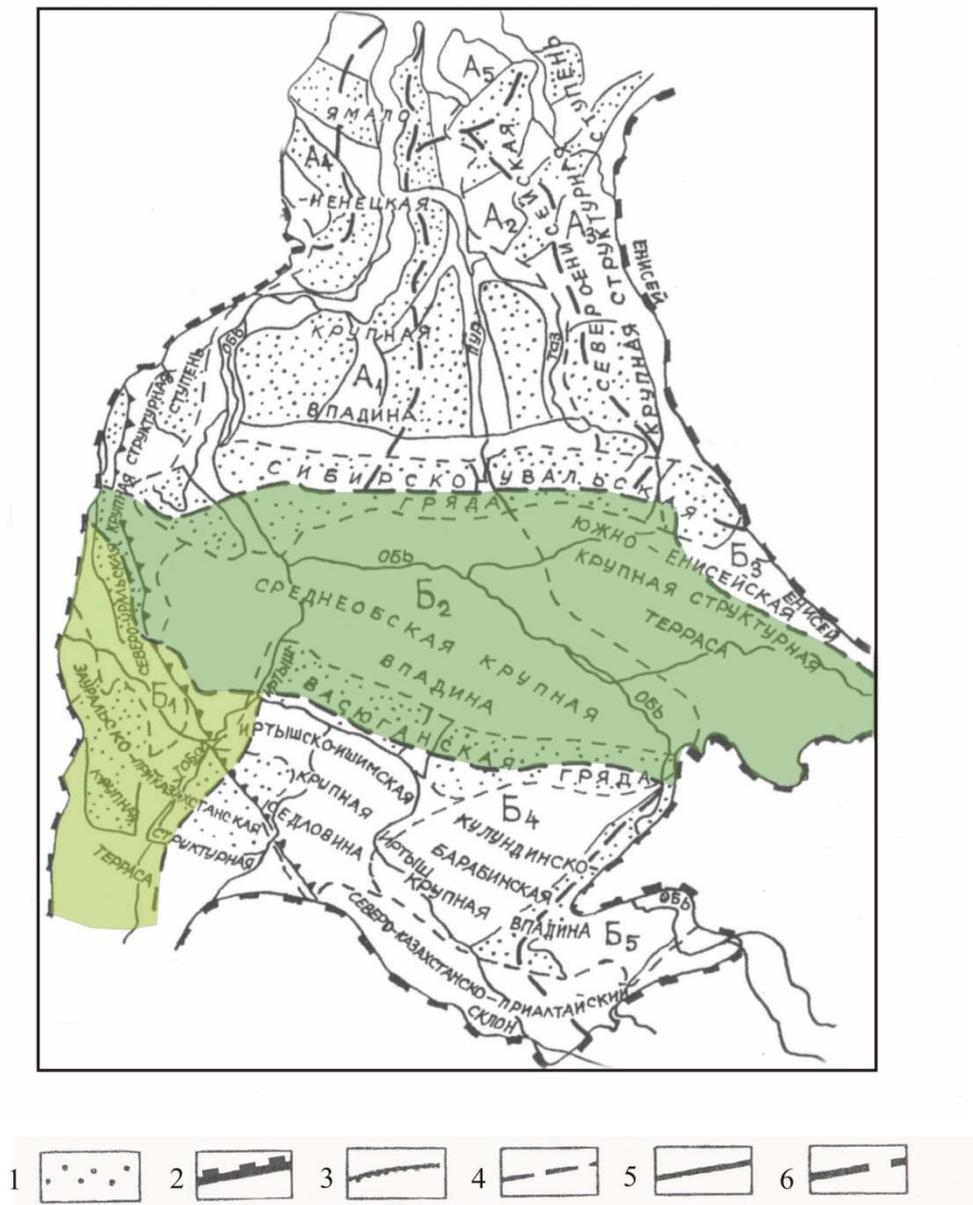
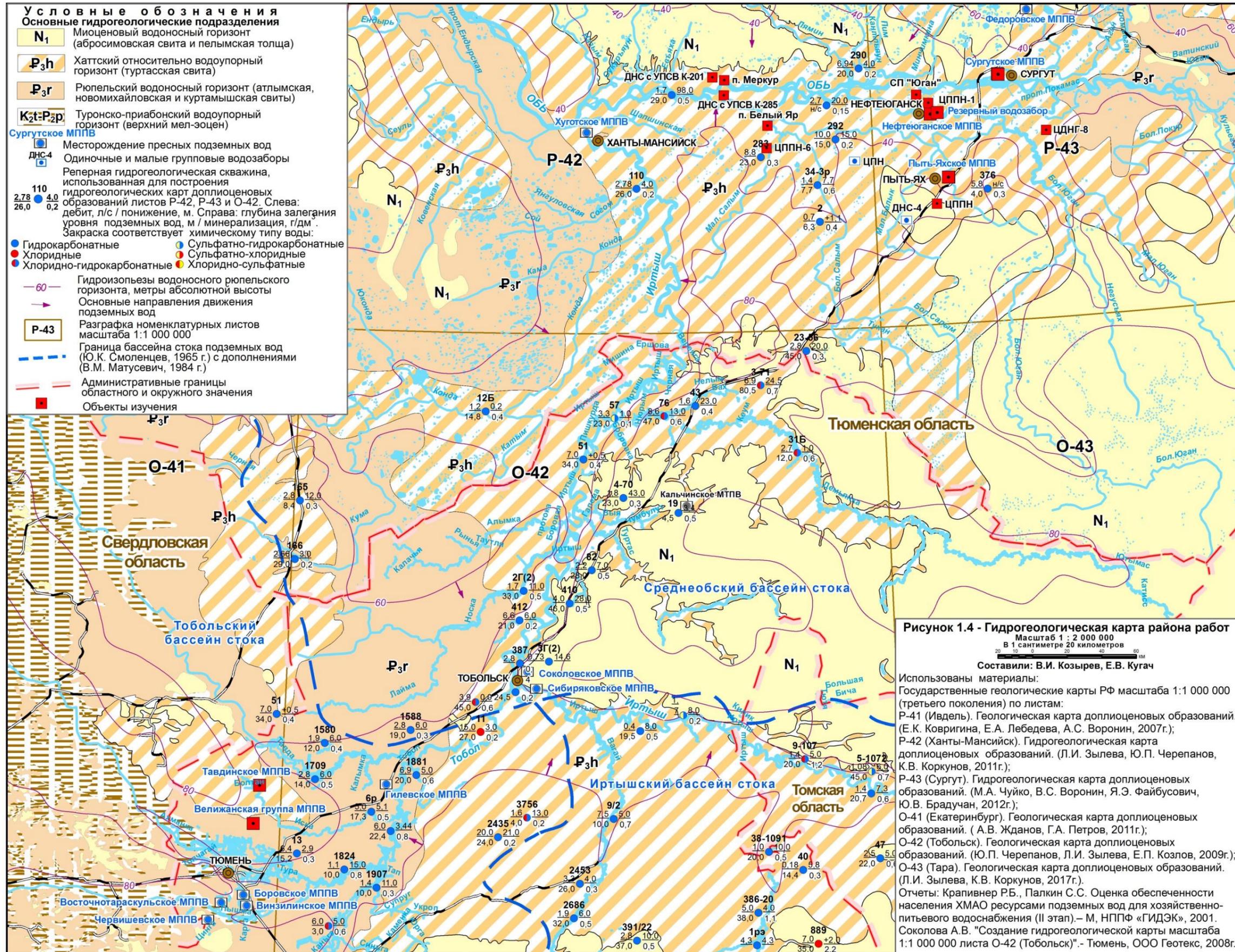


Рис. 1.3. Сопоставление границ бассейнов стока подземных вод кайнозойско-меловой геогидродинамической грунтово-водонапорной системы (по Ю.К.Смоленцеву, 1965) и новейших структурных элементов Западно-Сибирской плиты (по И.П.Варламову, 1969), с дополнениями (1984, [77]).

1 - четко выраженные положительные структуры 1 порядка; 2 - сбросы, крутые надвиги, разломы, флексуры (граница между геоструктурными областями); 3 - разломы, флексуры; 4 - границы между наиболее крупными структурными элементами; 5 - границы между структурными элементами более высокого порядка. Водообменные подсистемы зоны гипергенеза - бассейны стока: А<sub>1</sub> - Нижне-Обский; А<sub>2</sub> - Пур-Тазовский; А<sub>3</sub> - Нижне-Енисейский; А<sub>4</sub> - Прикарский; А<sub>5</sub> - Гыданский; **Б<sub>1</sub> - Тобольский; Б<sub>2</sub> - Средне-Обский; Б<sub>3</sub> - Средне-Енисейский; Б<sub>4</sub> - Иртышский; Б<sub>5</sub> - Верхне-Обский; 6 - границы бассейнов стока.**



## **1.2. Характеристика основных гидрогеологических комплексов и водоносных горизонтов**

Гидрогеологические условия района исследований определяются принадлежностью территории к Западно-Сибирскому гидрогеологическому мегабассейну (ЗСМБ) – надпорядковой гидрогеологической структуре Западно-Сибирской геосинеклизы. Как было отмечено ранее в вертикальном разрезе ЗСМБ выделяются КМСБС, мезозойский и палеозойский гидрогеологические бассейны.

Объектом изучения являются пресные подземные воды (ППВ) первого кайнозойского бассейна - олигоцен-четвертичного. Более подробно будут рассмотрены первые два гидрогеологического комплекса (олигоцен-четвертичный и турон-эоценовый), залегающие в зоне активного водообмена. По площади территория изучения ограничена рамкой гидрогеологической карты в соответствии с рисунком 1.4.

Характеристика основных водоносных горизонтов приводится с учетом материалов объяснительных записок к государственным геологическим картам третьего поколения, а также материалов научно-технических отчетов [22, 23, 24, 28, 29, 30, 32, 33, 37, 96, 100, 102, 116].

**Олигоцен-четвертичный гидрогеологический комплекс** включает сложно переслаивающиеся песчано-глинистые отложения континентального генезиса. В целом олигоцен-четвертичный комплекс - это единая водонасыщенная система, грунтовые и межпластовые воды которой гидравлически тесно связаны, как между собой, так и с поверхностными водами. Отделенная от мезозойского гидрогеологического бассейна толщей глинистых пород туронско-приабонского возраста, являющихся региональным водоупором для ЗСМБ. ППВ содержатся в песчаных отложениях неоген-четвертичного и олигоценового возраста, мощность которых может достигать в пределах Широкого Приобья 300 метров, на территории месторождений Тюменской группы – 100 метров.

**Четвертичный водоносный горизонт** распространён повсеместно и приурочен к аллювиальным отложениям пойм надпойменных террас рек Обь,

Аган, Вах, Иртыш, Назым, Казым, Лямин, Тромъеган, Туры, Пышмы и др. Горизонт залегает первым от поверхности. Мощность горизонта в долине р. Оби составляет 15-35 м, уменьшаясь по притокам до 6-15 м. На юге Тюменской области от 1 до 10 м.

Водовмещающие отложения представлены преимущественно мелко-среднезернистыми песками, реже крупнозернистыми с гравием и галькой, в кровле горизонта отмечаются линзы и прослой суглинков и супесей.

Подземные воды четвертичного водоносного горизонта находятся в напорно-безнапорных условиях. На значительных площадях они залегают со свободной поверхностью, однако нередко перекрываются суглинисто-глинистой пачкой мощностью 2-15 м, что способствует образованию местных напоров. Напор над кровлей составляет 1-7 м. Глубина залегания уровня подземных вод изменяется от 0,1 до 5 м. На участках, расположенных в долинах рек и вблизи озер, уровень устанавливается на глубинах от 0,7 до 1,3 м, на заболоченных пространствах - от 2,4 до 2,8 м и достигает 4-5 м на высоких террасах.

Фильтрационные свойства водовмещающих отложений в силу неоднородности литологического состава изменяются в довольно широких пределах. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,7 до 20,0 м/сут. Водопроницаемость изменяется по площади от 10 до 100 м<sup>2</sup>/сут при наиболее частых значениях 10-40 м<sup>2</sup>/сут. Пьезопроводность составляет не более 10000 м<sup>2</sup>/сут. Дебиты скважин изменяются от десятых долей до 2,0 л/с при понижениях уровня на 0,7-12,5 м. Удельные дебиты - от 0,025 до 1,0 л/с/м, редко больше.

По физическим свойствам подземные воды характеризуются следующим образом: активная реакция среды слабощелочная, рН изменяется от 7,2 до 7,6; отмечается повышенная цветность вод, равная 25-40° на заболоченных пространствах вследствие наличия примесей гумусовых веществ.

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциево-магниевого с сухим остатком от 0,1 до 0,7 г/л, при общем фоне 0,1-0,3 г/л.

Питание подземных вод четвертичного водоносного горизонта осуществляется на повышенных участках за счет инфильтрации атмосферных

осадков, на пониженных - за счёт болотных вод. Разгрузка происходит в долинах рек, в поверхностные водоёмы и водотоки, а также путём инфильтрации в нижележащие водоносные горизонты. Часть воды расходуется на испарение и транспирацию.

Подземные воды используются для водоснабжения небольших населенных пунктов, расположенных вблизи рек.

**Миоценовый водоносный горизонт** в основном распространён в северо-восточной части территории (рисунок 2.4), приурочен к отложениям пелымской и абросимовской свиты. Мощность горизонта достигает 40 метров. Подземные воды содержатся в песках, местами в песках с гравием и галькой. Воды безнапорные или имеют местный напор. Водообильность горизонта невысокая, удельные дебиты скважин составляют в среднем 0,02-1,5 л/с/м. Воды ультрапресные и пресные, с минерализацией от 0,04 до 0,6 г/л, гидрокарбонатные магниевые-кальцевые. По величине общей жесткости (0,9 до 3,4 мг – экв/л) очень мягкие, редко жесткие (8,2 мг – экв/л). Реакция воды от слабокислой до щелочной (рН 5,9-8,6). Фиксируются увеличенные концентрации железа, нитратов. Отмечается повышенные показатели мутности и цветности.

Питание горизонта происходит за счет метеогенных вод, разгрузка осуществляется путем инфильтрации в ниже залегающие горизонты. Воды горизонта используются отдельными потребителями [30, 33].

**Хаттский относительно водоупорный горизонт** распространен в центральной и юго-западной части территории и связан с осадками туртасской свиты. Относительно водоупорный туртасский горизонт разделяет водоносные горизонты и комплексы неоген-четвертичного и олигоценевого возрастов. Абсолютные отметки кровли находятся в интервале от – 30 до + 70 м, глубина залегания 30-110 м, мощность 4-80 м. Водоупорные отложения представлены глинами и алевритами. Водовмещающими отложениями являются мелкозернистые пески. Дебиты отдельных скважин составляют 0,1 – 0,5 л/с. Воды пресные, гидрокарбонатные кальциево-магниевые, с минерализацией до 0,5 г/л [28, 30, 33].

**Рюпельский водоносный горизонт** развит практически повсеместно, водовмещающими отложениями являются пески атлымской, новомихайловской и куртамышской свит. Подземные воды горизонта имеют важное практическое значение, используются для водоснабжения многих городов, поселков, предприятий и нефтегазовых объектов Тюменской области. В южной части области водоснабжение в основном осуществляется за счет подземных вод куртамышского водоносного горизонта, в пределах Широкого Приобья атлым-новомихайловского водоносного горизонта. В зоне развития реликтовых ММП атлым-новомихайловский водоносный горизонт разделен на надмерзлотный и подмерзлотный.

На большей части территории рюпельский водоносный горизонт перекрывается относительно водоупорным туртасским горизонтом. Подстиляется водоупорным тавдинским горизонтом, условия залегания в целом обусловлены положением кровли подстилающих тавдинской свиты. Абсолютные отметки кровли изменяются от минус 80 м в центральной, самой пониженной части района (Юганской впадине) до плюс 58 м на юге Тюменской области (самой возвышенной части рельефа местности). Мощность горизонта изменяется от 170 до 210 м (Широкое Приобье), куртамышских песков на юге Тюменской области достигает 20-30 м.

Водовмещающие породы представлены светло-серыми, серыми, коричневато-серыми, реже зеленовато-серыми, в различной степени глинистыми тонко- мелкозернистыми песками, среди которых в ряде разрезов отмечаются неравномерно зернистые (до крупнозернистых) разности. По составу преобладают кварц-полевошпатовые и кварцевые пески, нередко слюдистые.

Относительно выдержанные по мощности (5-30 м) и практически повсеместно в пределах района развитые прослои глин в кровле комплекса выполняют роль слабопроницаемых отложений, отделяющих его от вышележащих горизонтов.

Воды комплекса напорные, высота напора достигает 20-220 м. Водообильность отложений неравномерная. Глубина залегания

пьезометрического уровня изменяется от 4,7 м над поверхностью земли (главным образом в долине р. Оби) до 19,5 м ниже поверхности. Водообильность горизонта, как перспективного для централизованного водоснабжения, изучалась на многих площадях поисково-разведочных работ. Дебиты скважин изменяются в широких пределах от 0,3 л/с до 30 л/с, при понижениях от 0,5 до 50 м. Средние удельные дебиты изменяются в широком диапазоне – от 0,1 л/с/м до 3,5 л/с/м, достигая иногда 7,08 л/с/м.

В пределах территории Широкого Приобья коэффициент водопроницаемости ( $k_m$ ) варьирует от 160 до 1900 м<sup>2</sup>/сут, что свидетельствует о неоднородности фильтрационных свойств водоносного комплекса, как по площади, так и в разрезе. Коэффициент пьезопроводности ( $a$ ) изменяется от  $0,2 \cdot 10^5$  до  $6,3 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>/сут.

Величина водопроницаемости пород, полученная по результатам работ, связанных с организацией гидрогеологической наблюдательной сети на Велижанском водозаборе (1978-80 гг.), изменялась по площади от 65 до 1098 м<sup>2</sup>/сут, при часто встречающихся значениях 200-300 м<sup>2</sup>/сут, коэффициенты фильтрации - от 6-7 до 17-19 м/сут. По лабораторным данным коэффициенты фильтрации составили 1,0-3,4 м/сут.

По данным разведочных работ (1969-71 гг. и 1973 г.) водопроницаемость изменялась от 166 до 676 м<sup>2</sup>/сут на Западно-, Северо-, Восточно-Карагандинском месторождениях и от 68 до 730 м<sup>2</sup>/сут на Тавдинском месторождении. Средние значения её составили соответственно 414 и 400 м<sup>2</sup>/сут. Коэффициенты фильтрации песков варьировали обычно в пределах 10-20 и реже 20-30 м/сут. Средние величины коэффициента пьезопроводности определены равными 20000 м<sup>2</sup>/сут для Тавдинского месторождения и 55000 м<sup>2</sup>/сут для Западно-, Северо-, Восточно-Карагандинского месторождений.

По данным исследований выполненных сотрудниками ЗапСибНИГНИ с участием автора (1988-92г.г.), проведенных с целью уточнения геофильтрационной модели и оптимального размещения скважин по участкам эксплуатации для выхода водозаборов на проектную мощность 146 тыс.куб.м/сут,

получены следующие гидрогеологические параметры: на Восточно-Карагандинском месторождении в рамках I фильтрационной среды (доля притока составляет 10%), водопроницаемость равняется  $351 \text{ м}^2/\text{сут}$ , пьезопроводность -  $350000 \text{ м}^2/\text{сут}$ , в рамках II фильтрационной среды (доля притока - 90%) водопроницаемость -  $543 \text{ м}^2/\text{сут}$ , пьезопроводность -  $540000 \text{ м}^2/\text{сут}$ , фактор перетекания - 2200 м; на Северо-Карагандинском месторождении для I фильтрационной среды (доля притока - 16%) водопроницаемость -  $1565 \text{ м}^2/\text{сут}$ , пьезопроводность -  $2100000 \text{ м}^2/\text{сут}$ , для II фильтрационной среды (доля притока - 84%) водопроницаемость -  $313 \text{ м}^2/\text{сут}$ , пьезопроводность -  $420000 \text{ м}^2/\text{сут}$ , фактор перетекания - 2800 м; на Западно-Карагандинском – водопроницаемость принята равной  $104 \text{ м}^2/\text{сут}$ , пьезопроводность -  $10800 \text{ м}^2/\text{сут}$ , фактор перетекания - 3500 м; на Тавдинском - водопроницаемость принята равной  $263 \text{ м}^2/\text{сут}$ , пьезопроводность -  $90600 \text{ м}^2/\text{сут}$ , фактор перетекания - 6000 м. На двух последних месторождениях гидрогеологические параметры оценивались в рамках модели Хантуша по данным исследований 1988-89 гг. Для оценки гидрогеологических параметров на Восточно- и Северо-Карагандинском месторождениях использовалась фильтрационная модель, разработанная сотрудниками лаборатории Гидродинамики ЗапСибНИГНИ, которая наиболее адекватно отвечает условиям фильтрации в рассматриваемых средах. Модель основана на представлениях о фильтрационном потоке в нескольких независимых друг от друга средах (фильтрационных каналов), в частности двух средах: доля притока, приходящаяся на систему фильтрационных каналов, "работающих" в режиме модели Тейса (I фильтрационная среда) и доля притока - в режиме модели Хантуша (II фильтрационная среда). Оценка осуществлялась по результатам исследований 1991-92 гг.

Подземные воды горизонта пресные, прозрачность - не менее 30 см, запах - не более 3 баллов, температура воды -  $+4 - +6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Активная реакция среды (рН колеблется от 6,7 до 8,6), в основном, нейтральная.

По химическому составу подземные воды в большинстве гидрокарбонатные кальциевые или магниевые с сухим остатком от 0,1 до 0,8 г/л. Общий фон

содержания железа по площади составляет 0,6-12,75 мг/л, фон общей жесткости не превышает 7 мг-экв/л.

Содержание микрокомпонентов в подземных водах - урана, свинца, меди, цинка, ртути, кобальта, марганца, не превышает допустимых норм. Для вод горизонта характерны повышенные содержания железа, марганца, аммиака, показатели цветности и мутности.

В санитарно-бактериологическом отношении подземные воды водоносного горизонта здоровые.

Питание водоносного горизонта осуществляется на водоразделах за счет инфильтрации атмосферных осадков. В долинах рек водоносный горизонт разгружается в вышележащие водоносные горизонты и в поверхностные водоемы и водотоки.

### **Туронско-приабонский гидрогеологический комплекс (верхний мел-эоцен)**

Комплекс имеет повсеместное распространение на территории исследования. Стратиграфически объединяет отложения тавдинской, люлинворской, талицкой свит палеогена и ганькинской, березовской и кузнецовской - верхнего мела. Водоупорные отложения представлены опоками, опокovidными глинами и алевритистыми или песчанистыми глинами. Кровля горизонта находится на отметках от 0 до -280 м, в западной части территории она сильно дислоцирована. Мощность комплекса может достигать 995 м. В гидродинамическом отношении комплекс является региональным водоупором, который изолирует вышележающие водоносные горизонты и комплексы от ниже залегающих горизонтов и комплексов, содержащих высокоминерализованные воды [30, 33].

#### **Выводы:**

1. Основные ресурсы пресных подземных вод ЗСМБ формируются в Средне-Обском, Средне-Енисейском, Верхнее-Обском и северной части Тобольского бассейна стока.

2. Подземные воды рюпельского (олигоценового) водоносного горизонта имеют огромное практическое значение, они используются для индивидуального и централизованного водоснабжения многих городов, поселков и объектов нефтегазовой промышленности.
3. Олигоценый водоносный горизонт, обладая хорошей водообильностью, глубиной залегания обеспечивающей надежную защиту от антропогенного загрязнения, значительной мощностью водовмещающих пород и хорошим качеством, эксплуатируется многочисленными скважинами и водозаборами.
4. Ресурсы рассматриваемого водоносного горизонта обеспечены главным образом упругими запасами и привлекаемыми запасами, формирующими при его продолжительной и интенсивной эксплуатации.

## 2. ОБЗОР И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ЭКСПРЕСС- ИССЛЕДОВАНИЙ

Обзор литературы показал, что прецизионные гидрогеологические наблюдения применяются в основном специалистами на скважинах расположенных в сейсмоактивных районах [13, 16, 18, 42, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 99, 95, 133, 145]. Прецизионные измерения (чувствительность регистрации уровня подземных вод до 1 мм.) [42, 51, 52, 55, 61, 85, 86, 95, 103] позволяют диагностировать изменения уровня в диапазоне периодов от секунд-минут до десятков-сотен суток [60]. На платформенных территориях прецизионные измерения (ПИ) используются на отдельных объектах в ограниченном объеме, в основном для решения научно-методических задач [38, 39, 46, 76, 85, 86, 91].

Исследования на основе прецизионных измерений уровня подземных вод включают в себя: получение кривой изменения уровня воды от времени в наблюдательной сети скважин с помощью соответствующей аппаратуры и выделение гидродинамического сигнала в интегральной кривой изменения уровня, соответствующего определенному режимобразующему фактору для конкретного пункта наблюдений. Этими факторами являются вариации атмосферного давления и приливные изменения силы тяжести. После выделения составляющих части сигнала появляется возможность оценить дополнительные напряжения как на локальном, так и региональном уровнях.

Современные исследования на основе прецизионных измерений уровня подземных вод позволили обнаружить гидрогеодинамические особенности в характере изменения уровня подземных вод в слабонарушенных гидрогеологических условиях. На механизмы возникновения колебаний и скачков уровня подземных вод существует несколько точек зрения.

Авторы И.Г. Киссин, В.Л. Барабанов, А.О. Гриневский, В.М. Марков, Ф.И. Монахов, И.Л. Нересов, Л.И. Боканенко, О.Н. Галаганов, В.Н. Пефедерин, Г.Н. Копылова, В.М. Сугробов, Ю.М. Хаткевич, Teisseyre Krzysztof, Asteriadis G.,

Livieratos E., Wood Spencer H., Wurts Caroline, Lane Ted, Ballenger Nick, Mary Shalen, Totorica Dolores [57, 58, 59, 60, 61, 74, 92, 95, 99, 133, 145] и др. считают, что колебания и скачки уровня подземных вод представляют собой реакцию системы на изменения напряженно-деформационного состояния земной коры в преддверии землетрясения и называют их предвестниками землетрясений. Такие изменения вызывают процессы трещинообразования, открытие или закрытие трещин в горных породах, что приводит либо к повышению уровня подземных вод или к его снижению.

Авторы Г.С. Вартанян, В.И. Башмаков, В.О. Волейшо, В.Н. Прупис [13, 15, 16, 66], указывают на несоответствие локального характера области подготовки землетрясения и регионального проявления гидрогеодинамической составляющей в изменениях уровня и совместно с Г.В. Куликовым утверждают, что существует гидрогеодеформационное поле, которое является результирующим одновременного действия множества процессов, вызываемых изменением напряженного состояния. Одновременность и региональность проявления гидрогеодинамических аномалий объясняется изменением физико-механических свойств флюидовмещающих сред под воздействием дополнительных напряжений непосредственно в пунктах наблюдений. Природа этих аномалий может быть связана с реакцией водоносного горизонта на изменение напряженного состояния.

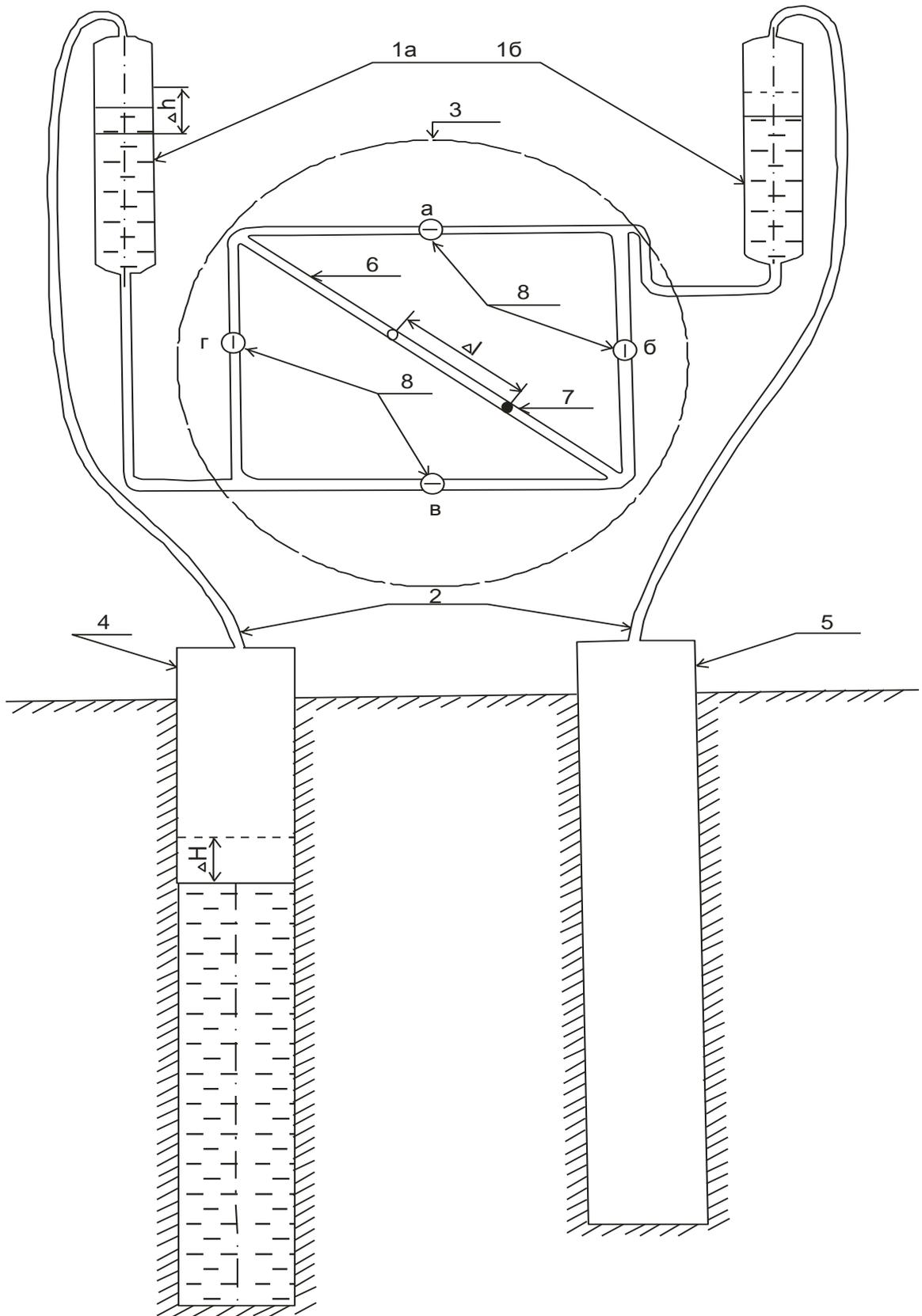
Исследователи Т.А. Аширов, Г.А. Ишанкулиев, В.М. Беликов, Б.М. Козенко, А.П. Пинчук, И.Н. Журавель, Н.М. Васылева, Delcourt - Honorez Micheline, Pouilhe Jean, Gieske A., Vries J.J., Seismol J., A.Ronai [45, 63, 93, 104, 105, 126, 132, 134, 137, 152] и другие выделяют три фактора, изменения которых приводят к вариациям уровней подземных вод. Первый фактор - атмосферное давление, второй - гравитационные силы земли и третий - влияние Луны и Солнца, т.е. приливная сила.

Модель Араго-Джекоба связывает вариации уровня подземных вод при изменении атмосферного давления с процессами объёмного расширения и сжатия водовмещающих пород. Однако расчетные значения смещений уровня воды в скважине, найденные с использованием закона Гука (Г.С. Вартанян, и др.)

оказываются на два-три порядка меньше зафиксированных экспериментально. Кроме того, исследования, проведенные ЗапСибНИГНИ на Западно-Карагандинском месторождении пресных подземных вод г. Тюмени прецизионным уровнемером (изобретенным автором совместно с А.Д. Резником [55], рисунок 2.1.), показывают, что в ряде случаев связь между вариациями уровня в герметически закрытой скважине с изменением атмосферного давления является пропорциональной, в ряде случаев – обратно пропорциональной, а иногда вообще отсутствует. Всё это говорит об отсутствии направленного влияния атмосферного давления на изменения уровней подземных вод.

Относительно природы возникновения колебаний и скачков уровня подземных вод, автор придерживается точки зрения исследователей Г.С.Вартаняна и Г.В.Куликова [15, 16]. Природа таких отклонений может быть связана с реакцией водоносного горизонта на изменение его напряжённого состояния, что проявляется в вариациях уровня подземных вод, обусловленных изменением проницаемости флюидовмещающих пород из-за скачкообразной перестройки структуры их порового пространства. Экспериментально влияние переменного во времени напряженного состояния горных пород на проницаемость показано В.Н. Николаевским, К.С. Бастиевым, А.Т. Горбуновым, Г.А. Зотовым. [87].

В.М.Матусевич разбирая природные водонапорные системы (ВНС), дополнил ранее известную систематизацию компрессионными и депрессионными геодинамическими водонапорными системами [79] и вместе с А.Д. Резником обнаружили, что происхождение ВНС связано с проявлениями гидрогеодеформационного (ГГД) поля, с процессами растяжения – сжатия горных пород в пределах различных частей геофлюидальных систем (ГФС). Информацией для обнаружения послужили результаты регулярных прецизионных гидрогеологических наблюдений за прохождением импульсов скорости хода уровней в наблюдательных скважинах неглубокого заложения при откачках воды



Условные обозначения:

1. Полые прозрачные камеры, 2. Гибкий трубопровод, 3. Регистрирующее устройство,
4. Эксплуатационная труба скважины, 5. Ресивер, 6. Мерная стеклянная трубка,
7. Метка, 8. Краны переключатели

Рисунок 2.1 – Прецизионный уровнемер

из водоносных пластов. Когда в спектре пульсаций скорости изменения уровня воды преобладают положительные импульсы, отмечаются увеличение величин расчетных ёмкостных параметров пласта, и наоборот, с преобладанием отрицательных импульсов эти величины уменьшаются. Кроме этого, изменяются и другие расчетные гидравлические характеристики пласта [81].

Гидрогеологами водопроницаемость водоносного горизонта рассматривается как важный параметр фильтрации, а выявление закономерностей возможного изменения водопроницаемости во времени в поле переменных напряжений представляет собой важную задачу гидрогеологии [14]. Возникновение локальных особенностей фильтрационных потоков, обусловленных формированием скачка давления флюида в системе скважина-водоносный пласт при воздействии различных нагрузок обязано гидравлическим сопротивлениям, которые формируются при фильтрации флюида в порах водовмещающих пород, вблизи водоприемной части скважины и при фильтрации флюида через фильтр скважины. Скачкообразная перестройка структуры порового пространства горных пород при изменении напряженного состояния, прежде всего, влияет на гидравлические сопротивления, а изменение последних вызывает скачок давления флюида в скважине [49]. В следствие перестройки структуры порового пространства системы меняются и значения водопроницаемости. В целом коэффициент водопроницаемости является интегральным (обобщенным) параметром и содержит информацию о фильтрационных свойствах коллектора, призабойной зоны и скважности фильтра.

Регистрацию изменения водопроницаемости во времени в случае быстропротекающих геодинамических процессов автор предлагает проводить посредством прецизионных измерений, применяемых в экспресс-исследованиях системы «водоносный пласт-скважина», методы отличаются от традиционных повышенной оперативностью и высокой чувствительностью.

Разработкой и применением экспресс-методов в практике исследований занимались как отечественные, так и зарубежные авторы. Экспресс-методы позволяют достаточно быстро определять ограниченное число параметров

(коэффициент фильтрации, водопроницаемость или обобщенное сопротивление скважины) с минимальными затратами труда и времени. Такие методы весьма разнообразны как по схеме и технологии эксперимента, применяемому оборудованию, так и по способам интерпретации опытных данных. Экспресс-методы в зависимости от источника возмущения напора в скважине могут быть подразделены на две группы. Первая группа - это экспресс-методы, основанные на проведении или прекращении откачки. Источником возмущения напора является специальное оборудование, позволяющее поднимать воду из скважины (Ф.М. Бочевер, В.С. Алексеев, И.М. Гершанович, А.Р. Курчиков, В.А. Саитов, Barker J.A., Herbert R. 11, 20, 70, 140] и др.). Вторая группа - экспресс-методы, источником возмущения напора при которых может быть налив фиксированного объема воды в скважину или изъятие его из скважины, спуск под уровень в скважине цилиндрической ёмкости, вытесняющей определенный объем воды, отжатие уровня нагнетанием в скважину сжатого воздуха (Б.С. Шержуков, В.С. Алексеев, А.Д. Курманенко, В.Т. Гребанников, И.Г. Киссин, В.Л. Барабанов, А.О. Грневский, Башмаков В.И., Вартанян Г.С., Григоренко С.Ф., Black I.H., Barker I.A., Holmes D.C., Leap Darrell I., Wylie Allan, Wood Thomas R., Sageev Abraham, Patterson R.J., Devlin J.F., Alexander J., Sims P.C., Ternan J.L., Keller C.Kent, Van der Kamp G. [1, 42, 109, 118, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 131, 135, 136, 138, 139, 140, 143, 146, 147, 148, 149] и др.).

Автор считает, что интерес к использованию экспресс-методов для изучения геотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» у практиков-гидрогеологов необоснованно угасает. Во второй половине прошлого столетия методы, основанные на мгновенном возмущении напора в пласте, были достаточно широко востребованы в процессе инженерно-геологических исследованиях при изучении фильтрационных свойств грунтов. А также в гидрогеологических исследованиях при пробных опробованиях водоносных горизонтов. Востребованность этих методов обуславливалась простотой интерпретации результатов исследований. В эпоху отсутствия компьютерных технологий в полевых условиях получение искомых параметров по длительным

кустовым откачкам было весьма затруднительно. Из вычислительно-инструментального аппарата в наличии у практика-гидрогеолога была лишь только одна логарифмическая линейка.

По мере появления и совершенствования компьютерных технологий возможность применения сложного математического аппарата для обработки исходного материала, полученного в процессе длительных кустовых откачек, в полевых условиях возрастает. Востребованность таких технологий в гидрогеологических исследованиях увеличивается [70].

Тем не менее, экспресс-исследования не теряют своей актуальности и в настоящее время, в силу существующих недостатков традиционных методов.

Традиционно для получения достоверных гидрогеологических параметров и граничных условий водоносного горизонта проводятся опытные работы в виде длительных откачек, как правило, кустовых. Длительная продолжительность гидродинамических исследований является одним из существенных недостатков традиционных методов. В условиях действующих водозаборов на длительный период опытных работ могут оказывать отрицательное влияние изменения режима эксплуатации водозабора (отключение или включение отдельных скважин или всего водозабора). К тому же эти работы трудоемки, приводят к значительным затратам материальных средств. Несмотря на длительность, традиционные методы в ряде случаев не обеспечивают надлежащей точности определяемых параметров [70, 85].

При мониторинговых исследованиях, когда необходимо контролировать динамику фильтрационной среды (изменения порового пространства водовмещающих пород) с определенной периодичностью, в кратчайшие сроки и с высокой степенью детализации изучаемой площади, с целью предотвращения загрязнения подземных вод и своевременного реагирования на возможное загрязнение, применимость традиционных методов также затруднительна [70].

Кроме этого водоснабжение небольших населенных пунктов и нефтепромыслов в Тюменской области осуществляется малыми автономными групповыми водозаборами и одиночными водозаборными скважинами

(количество скважин 2-3, реже 4-5). Выполнить классические гидрогеологические работы на указанных выше водозаборах практически не представляется возможным, по указанным ниже причинам:

1. Водозаборы подземных вод, являются водозаборами уже существующими в сложившейся схеме и режиме эксплуатации.

2. Обычно такие водные объекты состоят из 1-2-3 водозаборных скважин, расположенных в линейный ряд, реже из 4-5, с площадным расположением. Расстояния между скважинами небольшие, как правило, меньше мощности пласта.

3. В работе находятся 1 или 2 скважины, расход которых составляет 30-50-100 м<sup>3</sup>/сут, реже 300-500 м<sup>3</sup>/сут. Кроме того, постоянно в течение суток объекты должны обеспечиваться водой [46, 51].

В условиях, когда существуют ограничения по времени на опытно-фильтрационные работы; когда расстояния между водозаборными скважинами малы, в силу сложившейся схемы водозабора; когда величины возмущения скважин незначительны единственным методом, позволяющим изучить систему «водоносный пласт-скважина» и получить исходный материал для выполнения прогноза понижений уровня подземных вод при подсчете запасов является экспресс-метод.

### **3. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДОТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ «ВОДОНОСНЫЙ ПЛАСТ-СКВАЖИНА»**

Методы, основанные на применении прецизионных измерений уровня воды в скважинах, были разработаны в восьмидесятые – девяностые годы прошлого столетия в лаборатории гидродинамики ЗапСибНИГНИ при участии автора [52, 86, 103]. Достаточно широко использовались в гидрогеологических исследованиях для изучения геотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» на месторождениях пресных подземных вод Тюменской группы [47, 49]. Начиная с 2000 годов вышеозначенные исследования стали широко применяться и на водозаборах расположенных в центральной части Широного Приобья [51, 70].

В практике гидрогеологических исследований при подсчете запасов подземных вод исключительную значимость приобретает обоснованность решения вопросов фильтрационной схематизации. Фильтрационная схематизация включает в себя решения следующих задач: изучение пространственной структуры, граничных условий и внутреннего строения фильтрационного потока, которое определяется распределением фильтрационных параметров. Для решения вышеозначенных задач широко применяются методы, основанные на производстве или прекращении откачек (пробных, опытных, эксплуатационных) в зависимости от стадийности геологоразведочных работ.

Известно (как отмечалось ранее), что фильтрационная среда влияет на структуру фильтрационного потока подземных вод, которая описывается в форме пространственного распределения параметров фильтрационных свойств. Главная роль из параметров отводится проводимости водоносных пород, которая в свою очередь тесно связана с литологическими и структурными особенностями водоносной толщи. Структуру фильтрационного потока в слоистых системах квалифицируют как планово-пространственную [43, 89, 121].

Фильтрационный поток может быть нестационарным (неустановившимся) и стационарным (установившимся). Нестационарный фильтрационный поток характеризуется изменениями элементов потока во времени, стационарный -

когда эти изменения бывают несущественными. Выделяют частный случай установившегося потока - квазистационарный режим потока, когда изменения уровней потока во всех точках происходят с одинаковой интенсивностью, в этом случае расходы потока остаются неизменными [9, 121].

Методы, которые будут предложены к рассмотрению, являются методами определения гидродинамических параметров в условиях неустановившегося фильтрационного потока. Когда депрессионная кривая перемещается во времени параллельно самой себе по мере понижения уровня воды в скважине (квазистационарное движение) и становится возможным применять формулы логарифмического закона понижения уровня [9].

Перед рассмотрением методов, применяемых в исследованиях по теме данной диссертации, коротко остановимся на освещении геологического строения и гидрогеологических условий объектов, где были выполнены работы.

Геологическое строение и гидрогеологические условия изучаемых объектов, расположенных на рассматриваемых территориях, в основном близки и отличаются незначительно. Гидрогеологический разрез объектов характеризуется многопластовостью водоносной толщи, что является его особенностью строения. Разрезы представлены морскими глинистыми и континентальными песчано-глинистыми отложениями эоцен-олигоцен-четвертичного возраста, общая мощностью которых может достигать 600 метров.

Отложения эоцен-олигоцен-четвертичного возраста включают в себя основные ресурсы пресных подземных вод питьевого и технического назначения Западно-Сибирского мегабассейна (В.М. Матусевич, 1984, 2005), [67]. В площадном плане рассматриваемые объекты приурочены к следующим бассейнам стока: водозаборы Широкого Приобья расположены в пределах территории Среднеобского бассейна стока, месторождения пресных подземных вод (МППВ) Тюменской группы - в пределах Тобольского.

Формирование ресурсов подземных вод в указанных бассейнах обусловлено физико-географическими и геолого-гидрогеологическими факторами. Обилие крупных рек и озер, значительная увлажненность территории (среднедолголетняя

годовая величина осадков - 400-700 мм) являются благоприятными факторами восполнения ресурсов подземных вод посредством инфильтрационных процессов в горных породах. С другой стороны, плоский рельеф, слабый эрозионный врез речной сети обуславливают низкую дренированность и весьма замедленный характер движения подземных вод. Наличие реликтовых многолетнемерзлых пород (ММП) сплошного и островного характера в северной части западно-Сибирского мегабассейна (Среднеобский и Тазовский бассейны стока) снижают инфильтрацию метеогенных вод. Все это затрудняет питание и разгрузку подземных вод отложений, слагающих разрезы рассматриваемых территорий (В.М. Матусевич, 1984, 2005).

На территории где выполнялись экспресс-исследования, в эксплуатации находится олигоценый водоносный комплекс (ВК). На МППВ расположенных в центральной части Среднеобского бассейна – в основном подмерзлотная его часть атлымский водоносный горизонт (ВГ). Глубина залегания кровли ВГ изменяется от 150 до 250 м, мощность варьирует в зависимости от наличия ММП от 70 до 110 м. Мощность продуктивного песчаного пласта в подошве горизонта составляет 30 - 50 м (рисунок 3.1).

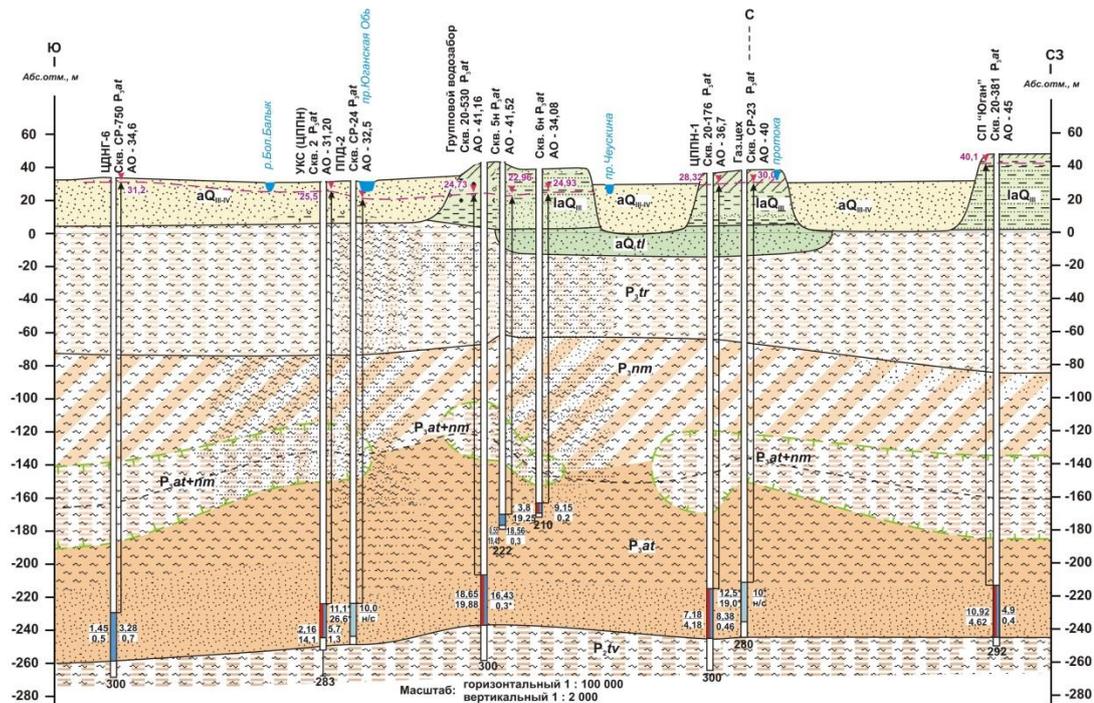


Рисунок 3.1 - Схематический гидрогеологический разрез центральной части Среднеобского бассейна стока на примере Нефтеюганского МППВ

На МППВ Тюменской группы эксплуатируется атлым-новомихайловский (куртамышский) ВГ, кровля которого залегает на глубине 19-58 м, общая мощность горизонта достигает 55 м, при этом эффективная мощность составляет 12-26 м (рисунок 3.2).

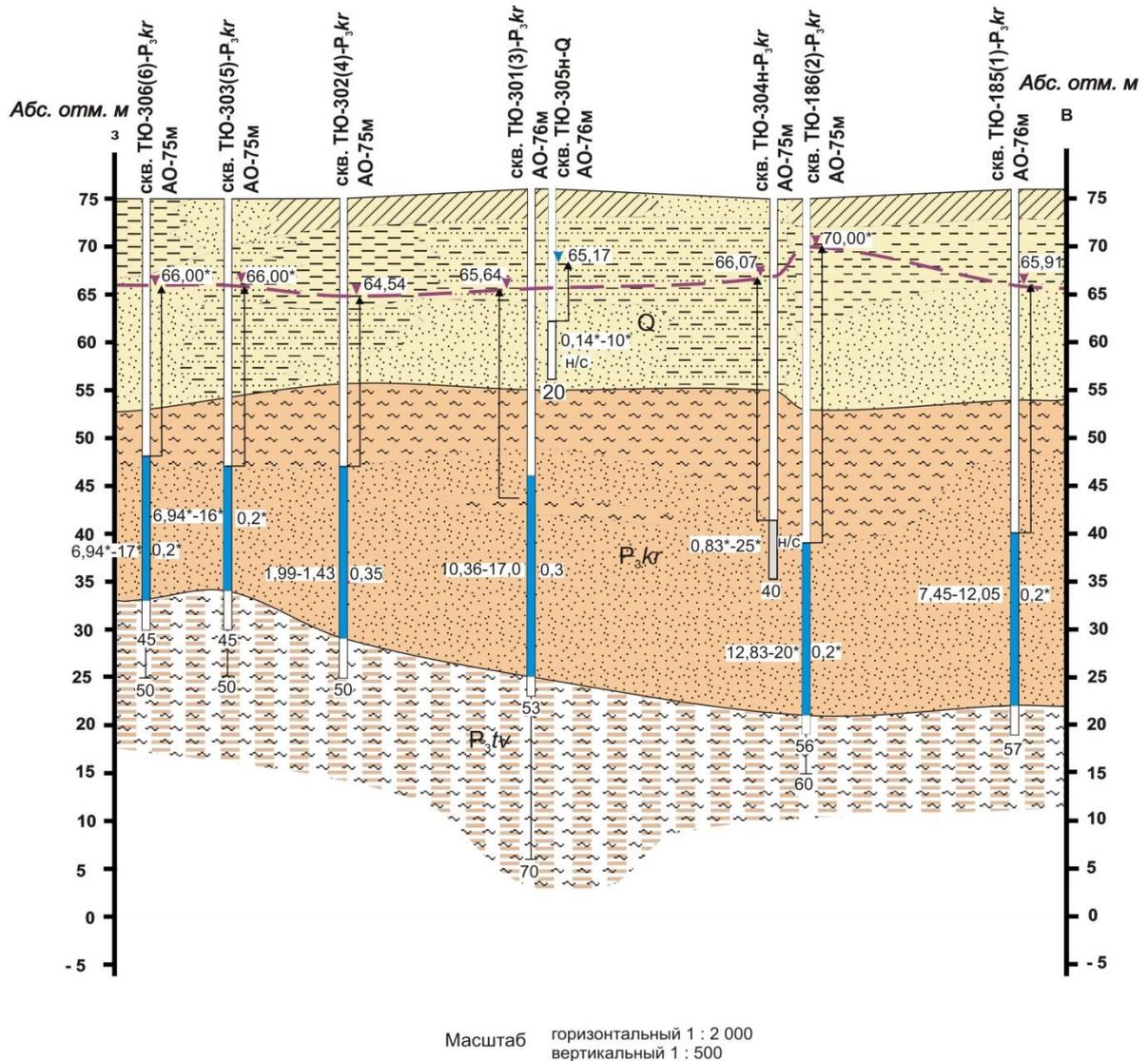


Рисунок 3.2 - Схематический гидрогеологический разрез Тюменской группы месторождений на примере Восточно-Тараскульского МППВ

Отложения продуктивного горизонта на месторождениях, как правило, представлены песками мелкозернистыми, переслаиванием песков и глин, глинами, глинами с прослоями песков и алевритами. Сверху ВГ в пределах Нефтеюганского месторождения перекрыт реликтовыми ММП (мощностью 30-65 м) или глинистыми отложениями новомихайловского свиты, в пределах

Восточно-Тараскульского – породами четвертичного возраста, подстилает горизонт – глинистые отложения тавдинской свиты морского генезиса.

По химическому составу воды гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные различного катионного состава. По величине минерализации от весьма пресных до весьма слабосоленоватых от 0,2 - 1,3 г/л. Реакция воды (рН=6,4-8,2 ед.), в основном, нейтральная.

Общая жесткость, обусловленная суммарной концентрацией ионов кальция и магния, изменяется в пределах от 0,4 до 3,91 мг экв/дм<sup>3</sup>, по этому показателю воды классифицируются как от очень мягких до среднежестких.

Физические свойства воды характеризуются следующими величинами: запах изменяется от 0 до 3 баллов, вкус – от пресной до 5 баллов, цветность от 5 до 232, мутность до 31,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание общего железа достигает 9,3 мг/дм<sup>3</sup>, в единичных случаях до 40,6 мг/дм<sup>3</sup>.

Водоносные горизонты надтавдинской толщи представляют собой единую фильтрационную систему.

Питание водоносных горизонтов происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на обширных междуречных пространствах, разгрузка осуществляется в долины рек, многочисленные водотоки, озера и понижения в рельефе посредством восходящего движения подземных вод. Часть воды расходуется на испарение и транспирацию.

Методы, предлагаемые к рассмотрению, подразделяются в зависимости от источника возмущения напора в скважине. Первая группа методов - основана на проведении или прекращении откачки специальным водоподъемным оборудованием. Вторая группа - методы источником возмущения напора, у которых являются: фиксированный объем воды, наливаемый в скважину; цилиндрическая емкость, опускаемая под уровень воды в скважине; сжатый воздух, нагнетаемый в скважину.

### **3.1. Методы, основанные на мгновенном изменении уровня воды в опытной скважине посредством насосного оборудования**

Методы определения гидродинамических параметров пласта первой группы основаны на решении обратных задач гидродинамики по результатам опытных откачек и режимных наблюдений за уровнем подземных вод и водоотбором и достаточно широко освещены в отечественной и зарубежной литературе [2, 11, 15, 17, 20, 27, 72, 73, 94, 111, 119 и др]. Источником возмущения напора при проведение опытных работ является специальное водоподъемное оборудование.

Рассмотрим наиболее характерные из существующих методов.

Ф.М.Бочевеком и В.С.Алексеевым [11] описан метод определения обобщенного гидравлического сопротивления по опытным и эксплуатационным откачкам. Вычисление водопроницаемости производится графоаналитическим методом, использующим результаты слежения за уровнем воды в нескольких наблюдательных скважинах. И.М.Гершанович, А.Р.Курчиков, В.А.Саитов [20, 72] рассматривают метод определения параметров, основанный на анализе результатов наблюдений за изменениями уровня воды в опытной скважине: это либо включение скважины в работу и прослеживание понижения уровня, или отключение работающей скважины и прослеживание восстановления уровня. В первом случае метод применим для неработающих скважин (нужно знать статический уровень), водопроницаемость определяется по прямолинейному участку кривой понижения, что влияет на достоверность получения параметров. Во втором случае метод применим для работающих скважин (на действующих водозаборах), параметры (водопроницаемость, гидравлические сопротивления фильтра, потери напора) подбираются по кривой восстановления уровня.

Рассмотренные методы, указывают на их ограниченную область применения, так как требуют бурение несколько наблюдательных скважин и знания начальных характеристик опыта, а используемый способ обработки опытных данных (метод подбора) предполагает низкую достоверность определения гидродинамических параметров, все это создает определенную

трудоемкость их реализации. Кроме того для реализации таких методов требуется продолжительное время.

Предлагается метод исследований системы «скважина-водоносный пласт», разработанный автором совместно с А.Д. Резником, в лаборатории гидродинамики ЗапСибНИГНИ. Метод основан на режимном опробовании скважины в течение 2-4 часов, с наблюдениями за дебитом, уровнем, пескованием на каждом режиме работы опытной скважины, с применением более точных средств регистрации изменений уровня воды (рисунок 3.3). В результате использования метода определяются следующие гидродинамические параметры: водопроницаемость - по специально обработанным кривым восстановления (снижения) уровня, гидравлические потери - по разности понижений в скважине и на стенке скважины. Для расчета параметров создан алгоритм.

Схема исследований предлагаемым методом следующая: в неработающей скважине замеряют уровень воды (статический уровень); скважину включают в работу и прослеживают понижение уровня во времени; фиксируют дебит ( $Q$ ); результаты наблюдений представляют в виде графика изменения произведения скорости уровня на время от времени ( $V \cdot t$  от  $t$ ). Когда фильтрационный процесс стабилизируется, кривая  $V \cdot t$  будет рисоваться параллельно оси  $t$  - с оси  $V \cdot t$  снимается численное значение  $V \cdot t$ , подставляется в формулу  $T = Q / 4\pi \cdot V \cdot t$  и вычисляется водопроницаемость ( $T$ ). Гидравлические потери вычисляются как разность понижений (фактического понижения и рассчитанного на внешней стенке скважины). В случае, когда водозабор эксплуатируется много лет и его режим неизвестен (неизвестна продолжительность работы скважин, их дебит и статический уровень), поступают таким образом: в работающей скважине замеряют динамический уровень и дебит; скважину отключают и прослеживают восстановление уровня; водопроницаемость вычисляют описанным выше образом; гидравлические потери определяют как разность уровней в скважине (замеренного до отключения скважины или после отключения) и рассчитанного на внешней стенке скважины.

Теоретическую основу метода составляет обоснование возможности применения модели Тейса (безграничный напорный пласт) для процесса развивающегося в течение 1-4 часов.

## РЕЖИМЫ (ДЕБИТЫ)

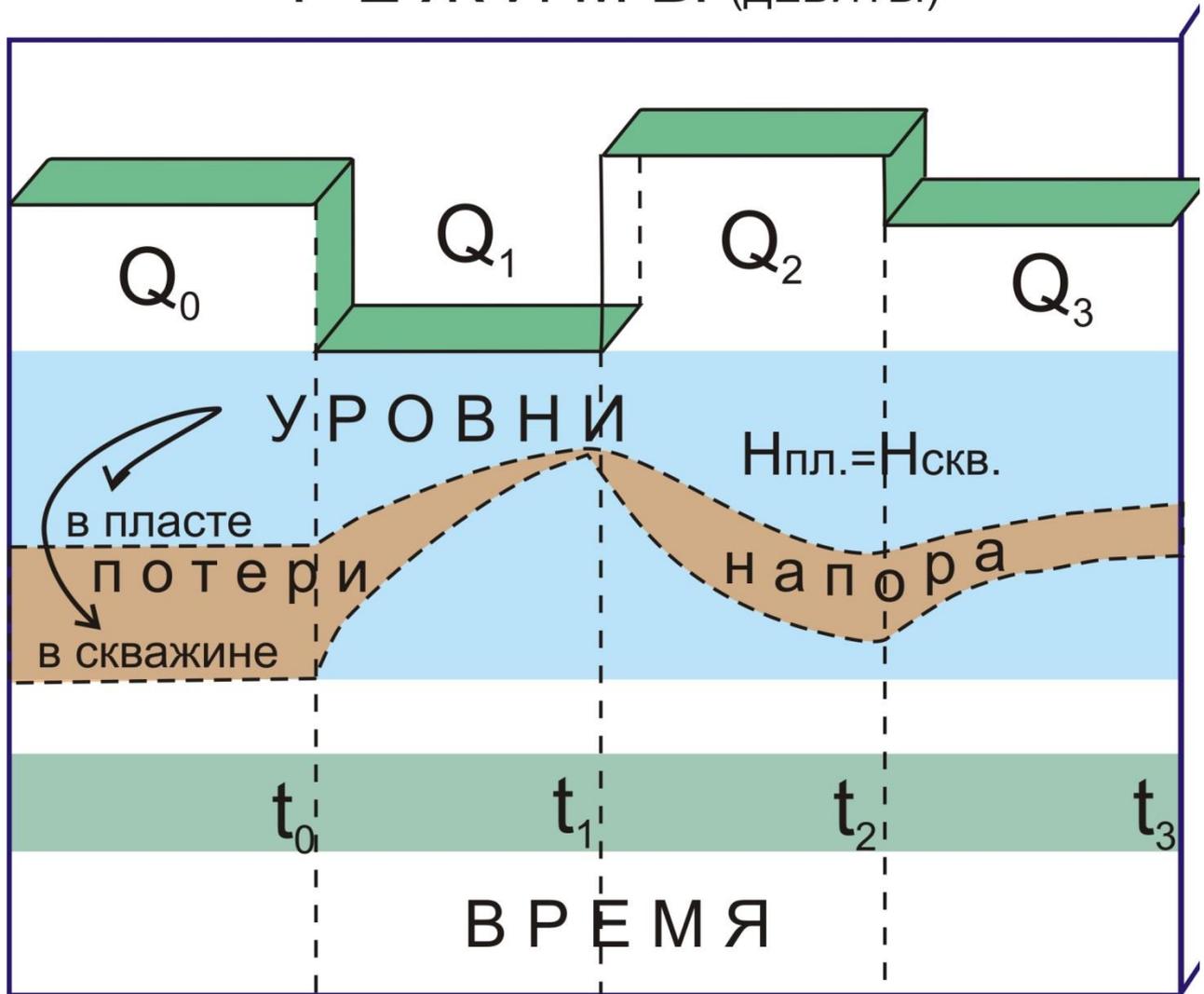


Рисунок 3.3 - Схема экспресс исследований

Предлагаемый метод аналитически выглядит следующим образом:

$$S = \frac{Q_c}{4\pi km} \int_{\frac{r^2}{4at}}^{\infty} \frac{e^{-x}}{x} dx$$

$$V = \frac{dS}{dt} = \frac{Q}{4\pi km} \times \frac{1}{t} \times e^{-\frac{r^2}{4at}};$$

$$Vt_t = \frac{Q}{4\pi km} \times e^{-\frac{r^2}{4at}};$$

$$Vt = \text{const} = \frac{Q}{4\pi km}; \text{ при } t \rightarrow \infty$$

где  $S$  – понижение (восстановление) уровня в скважине, м;

$Q_c$  – дебит скважины, м<sup>3</sup>/сут;

$Km$  (Т) – водопроницаемость, м<sup>2</sup>/сут;

$t$  – время, сут;

$r$  – радиус скважины, м;

Теоретическая кривая в координатах  $V*t$  от  $t$  рисуется параллельно относительно оси абсцисс. Максимум на фактической кривой в первые секунды – минуты опыта (рисунок 3.4) объясняется отбором объема воды, находящегося в стволе скважины, когда водоносный горизонт ещё не начал отдавать воду. При совершенной скважине такого явления бы не наблюдалось. Отклонение объясняется наличием гидравлических потерь на фильтре, существованием разницы («скачка», «разрыва») уровней в скважине и на ее внешней стенке [49, 113].

Интерпретация опытных данных в координатах  $V*t$  от  $t$  (рисунки А.3.5-А.3.17) показывает, что при  $t=5-60$  минутам выполняется условие  $Vt = \text{const}$ .

### **Вывод:**

Возможность применения модели Тейса для процесса развивающегося в течение 1-4 часов обосновывается результатами эмпирических исследований в соответствии с рисунками А.3.5-А.3.17 стабилизация фильтрационного процесса наступает уже с пятой минуты от начала опыта в 30 % опробованных скважин. С десятой минуты – в 15 %, с двадцатой – в 18 %, с двадцать пятой, тридцатой, тридцать пятой – в 6%, с пятнадцатой и пятидесятой – в 3%, с шестидесятой – в 12%. Таким образом, эмпирическими исследованиями доказывается возможность применимость выше описанного способа в интервале времени после 5-60 минут от начала опыта.

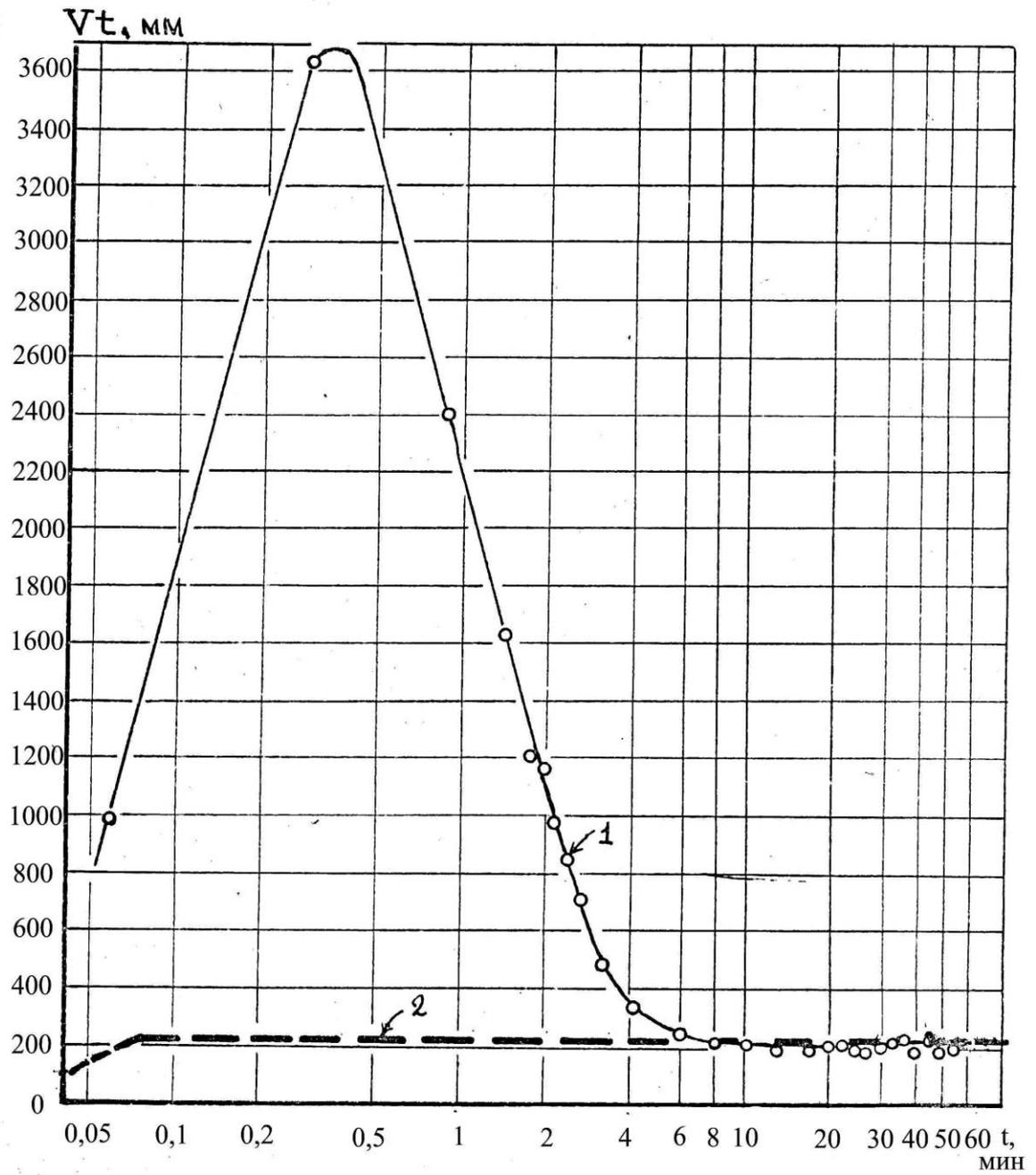


Рисунок 3.4 - Кривая изменения уровня в скважине 25 (II) Велижанского водозабора:  
 1 – фактическая кривая,  
 2- модельная кривая

### **3.2. Методы, основанные на мгновенном изменении уровня воды в опытной скважине посредством специальных снарядов и опробователей пластов**

Вторая группа методов, как и первая, основываются на кратковременном возбуждении водоносного горизонта и прослеживании изменения уровня. Источником возбуждения водоносного горизонта у второй группы методов в отличие от первой является: налив фиксированного объема воды в скважину; цилиндрический снаряд, погружаемый под уровень воды в скважине; сжатый воздух, отжимающий уровень воды в скважине. Разработкой экспресс-методов в разное время занимались Б.С. Шержуков, В.С. Алексеев, А.Д. Курманенко, В.Т. Гребанников, И.Г. Киссин, В.Л. Барабанов, А.О. Грневский, В.И. Башмаков, Г.С. Вартанян, С.Ф. Григоренков, J.S. Paradopoulos, H.H. Cooper, I. Krauss, и др.).

К достоинствам этих методов можно отнести: возможность оценки параметров пласта в малом объёме, что позволяет получить:

- высокую степень детализации;
- небольшие затраты времени на постановку опыта (единицы, десятки минут);
- несложное применяемое оборудование, быстрый монтаж и демонтаж которого обеспечивает мобильность исследований;
- низкую себестоимость производства работ.

Недостатки существующих данной группы методов в основном обусловлены отсутствием надежных способов интерпретации опытных данных и низкой точностью регистрации изменений уровня воды в скважине.

Рассмотрим значимые методы в этой группе.

Метод колебаний [14, 66], основан на импульсном возбуждении водоносного горизонта сжатым воздухом и последующей регистрацией параметров колебательного процесса, развивающегося в системе «скважина - водоносный горизонт». Характеризуется ограниченной областью применения. Применим в высокопроницаемых породах с водопроницаемостью порядка 2000-

3000 м<sup>2</sup>/сут, так как колебательный режим движения жидкости возникает в случае высоких значений водопроницаемости, характерных для трещиноватых и трещинно-карстовых водоносных горизонтов. Кроме того, строгого математического решения колебательного процесса при наличии интенсивных фильтрационных потоков не получено и определение водопроницаемости связано с большими погрешностями.

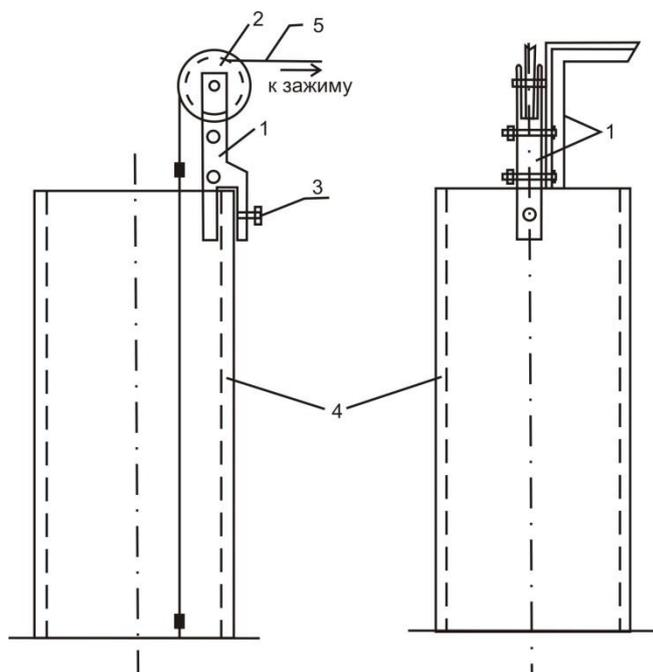
Во ВНИИ «ВОДГЕО» разработана технология исследования скважин способом экспресс-налива и методы обработки получаемых экспериментальных данных [109]. Опытные исследования способом экспресс-налива выполняются путем очень быстрого («мгновенного») возмущения напора водоносного пласта с последующей регистрацией изменений уровня воды в скважине. Источником возмущения напора может быть: налив фиксированного объема воды в скважину или изъятие его из скважины; спуск ёмкости под уровень воды в скважине, вытесняющий определенный объём воды; отжатие уровня нагнетанием в скважину сжатого воздуха. Определение гидрогеологических параметров производится одним из двух методов интерпретации результатов опытных данных: методом эталонных кривых или графоаналитическим методом по кривой восстановления уровня в скважине. Недостатком первого из них является неопределённость в выборе эталонной кривой (особенно при малых значениях коэффициента упругоёмкости пласта), что приводит к различной интерпретации одних и тех же данных. Недостатком второго метода является его ограниченность применения при опробовании хорошо проницаемых пород, в которых восстановление уровня в результате экспресс возмущения происходит очень быстро и точность приборов не позволяет фиксировать изменения уровня.

Избежать вышеперечисленные недостатки позволяет метод, основанный на мгновенном возмущении напора водоносного пласта посредством погружения цилиндрического снаряда под уровень воды в скважину с последующей прецизионной регистрацией его изменений. Метод усовершенствован автором совместно с А.Д. Резником, Н.И. Зенковым, М.С. Шутовым. В части «способа интерпретации опытных данных и средств регистрации изменений уровня» – с

А.Д. Резником [53, 56]. Кривая изменения уровня представляется в специальном виде для применения метода экстремальных опорных точек с целью вычисления гидрогеологических параметров.

Методика проведения опытных работ предлагаемым методом следующая. На устье скважины устанавливается измерительный прибор для регистрации изменений уровня воды, который состоит из кронштейна-столика (рисунок 3.18). На столике, расположенном в горизонтальной плоскости, закреплен штангенциркуль, к его рамке посредством специального зажима присоединяется измерительный провод электроуровнемера (рисунок 3.19). Проводу электроуровнемера, опущенного в скважину, дают отвиснуть в течение 20-30 минут. Электроуровнемер с помощью штекерного гнезда подключается к звуковому сигнализатору «комар» и проверяется работа электрической схемы измерительного прибора. При касании уровня воды электродом электроуровнемера цепь замыкается и звукоиндикатор начинает подавать звуковой сигнал, при подъёме электрода цепь размыкается - звуковой сигнал прекращается. На столик электроуровнемера устанавливается устройство для записи, производится пробная запись звукового сигнала и речи. Помощником оператора в скважину через блок-кронштейн, прикреплённый к устью скважины, на тросе опускается цилиндрический снаряд (стальная труба диаметром 60 мм, длиной 1,5 м) и устанавливается над уровнем воды (рисунок 3.20). Оператор включает магнитофон (диктофон), фиксирует первоначальный отсчёт уровня воды и диктует его. Поднимает (опускает) электрод уровнемера на ожидаемую отметку повышения (снижения) уровня. Помощник осуществляет мгновенное погружение (подъём) снаряда. Уровень воды начнёт подниматься (снижаться), звукоиндикатор будет реагировать на касания (отрыв) уровня с электродом уровнемера. Оператор на всём протяжении опыта диктует отчеты, снимаемые со шкалы штангенциркуля. Частота замеров по возможности максимальная. Опыт считается законченным при достижении уровня воды первоначальной отметки. Далее производится обработка записи. За нулевой момент времени принимается

время погружения (подъёма) снаряда, от которого отсчитываются последующие звуковые сигналы, записанные на регистратор звука.



1. Кронштейн
2. Направляющий ролик
3. Болт крепления кронштейна
4. Оголовок скважины
5. Измерительный провод

Рисунок 3.18 - Кронштейн для крепления столика с нониусной шкалой

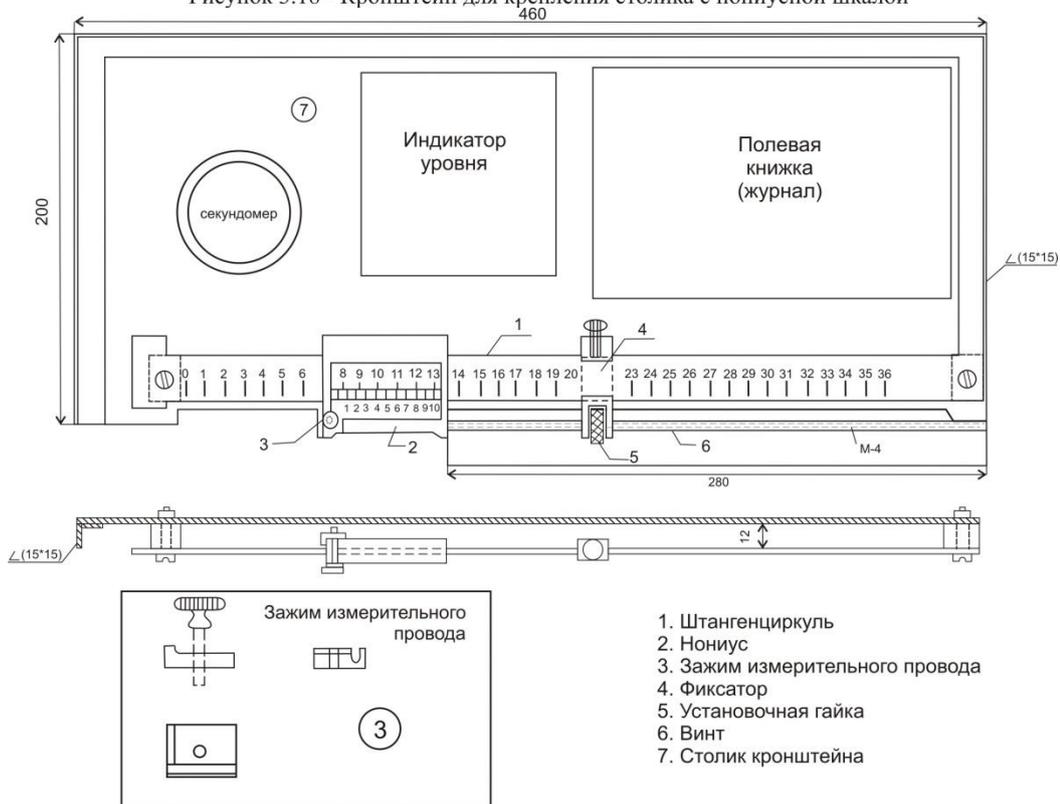
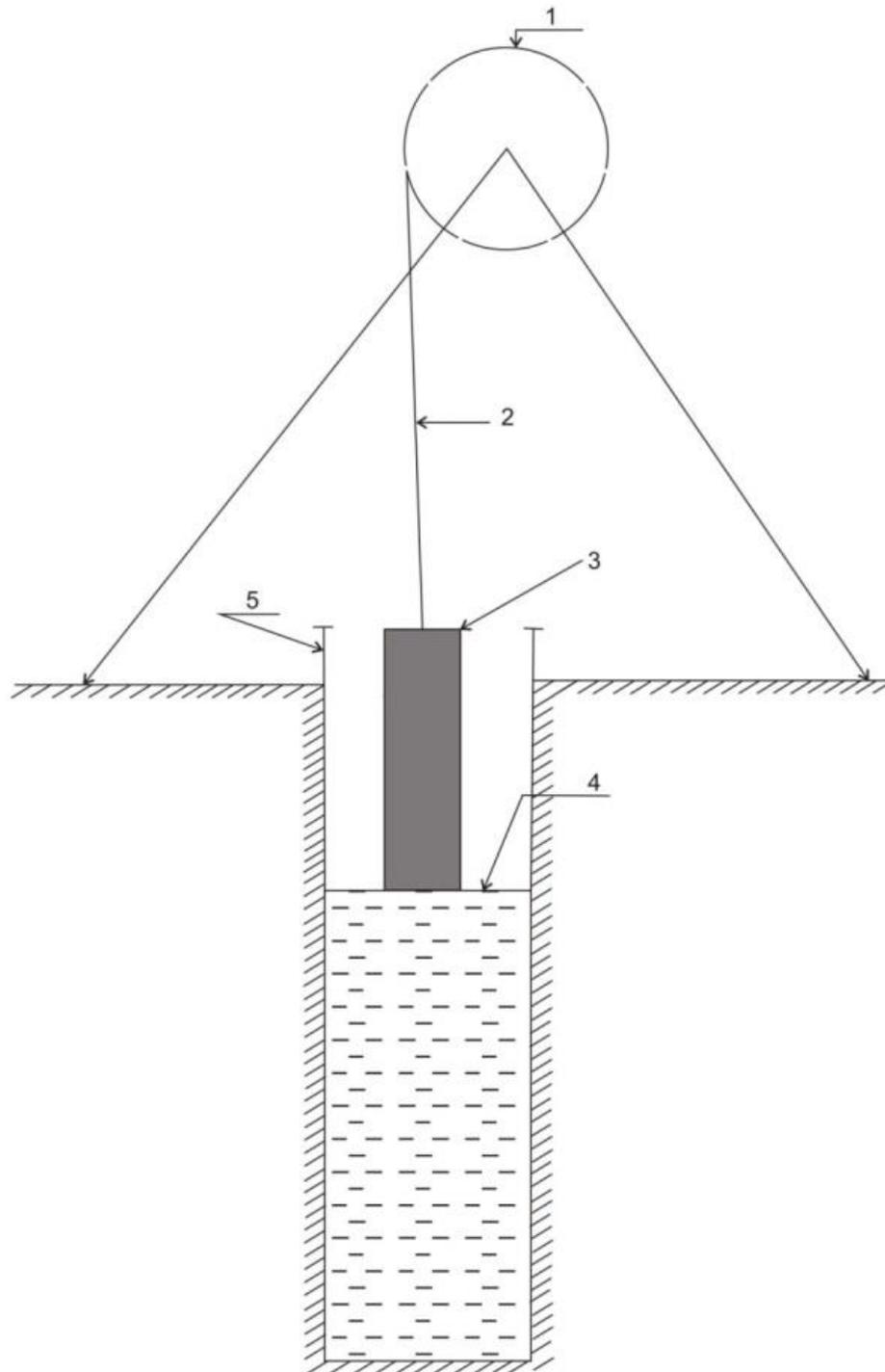


Рисунок 3.19 - Измерительный прибор для регистрации изменений уровня воды



Условные обозначения:

1. Блок-кронштейн, 2. Трос, 3. Цилиндрический снаряд, 4. Уровень воды,  
5. Эксплуатационная труба скважины

Рисунок. 3.20 - Прибор для возмущения напора в системе водоносный пласт-скважина.

Результаты опытных исследований обрабатываются по методу экстремальных опорных точек. Сущность метода состоит в том, что результаты наблюдений представляют в виде графика изменения произведения скорости

уровня на время от времени ( $V^*t$  от  $t$ ), когда появляются на графике экстремумы («экстремальные опорные точки»). Далее, по формулам, представленным ниже по тексту, используя значения координат экстремумов, вычисляются водопроницаемость призабойной зоны скважины, обобщённое дополнительное гидравлическое сопротивление.

Определение гидрогеологических параметров производят на основе использования значения  $V^*t^*/S^*$  (экстремальная опорная точка), где  $t^*$  - время наступления максимума кривой графика в координатах  $V^*t$  от  $t$ , мин,  $V^*$  - значение скорости восстановления уровня на момент времени  $t^*$ , мм/мин,  $S^*$  - значение уровня воды в скважине на момент времени  $t^*$ , мм. Для нахождения значения  $V^*t^*/S^*$  строятся три графика: 1-й - для нахождения максимума  $V^*t$ , график в координатах  $V^*t$  от  $t$ ; 2-й - для определения  $V^*$  в момент времени  $t^*$ , график в координатах  $V$  от  $t$ ; 3-й - для определения  $S^*$  в момент времени  $t^*$ , график в координатах  $S$  от  $t$ . (рисунок 3.21).

Определив значение экстремальной опорной точки производят вычисление водопроницаемости по формуле  $T=A*r_c^2/t^*$ , где  $T$  - водопроницаемость призабойной зоны, м<sup>2</sup>/сут,  $A$  - коэффициент определяется по номограмме (рисунок 3.22) используя значение  $V^*t^*/S^*$ ,  $r_c$  - радиус скважины, мм,  $t^*$  - время, с (математической основой метода является решение И. Попандопулоса и Г. Купера (1967), отличающие от решения Тейса (1935) и Хантуша (1960) учетом сопротивления, обусловленное несовершенством скважины [130]).

Вычисление обобщённого дополнительного сопротивления производится по формуле:

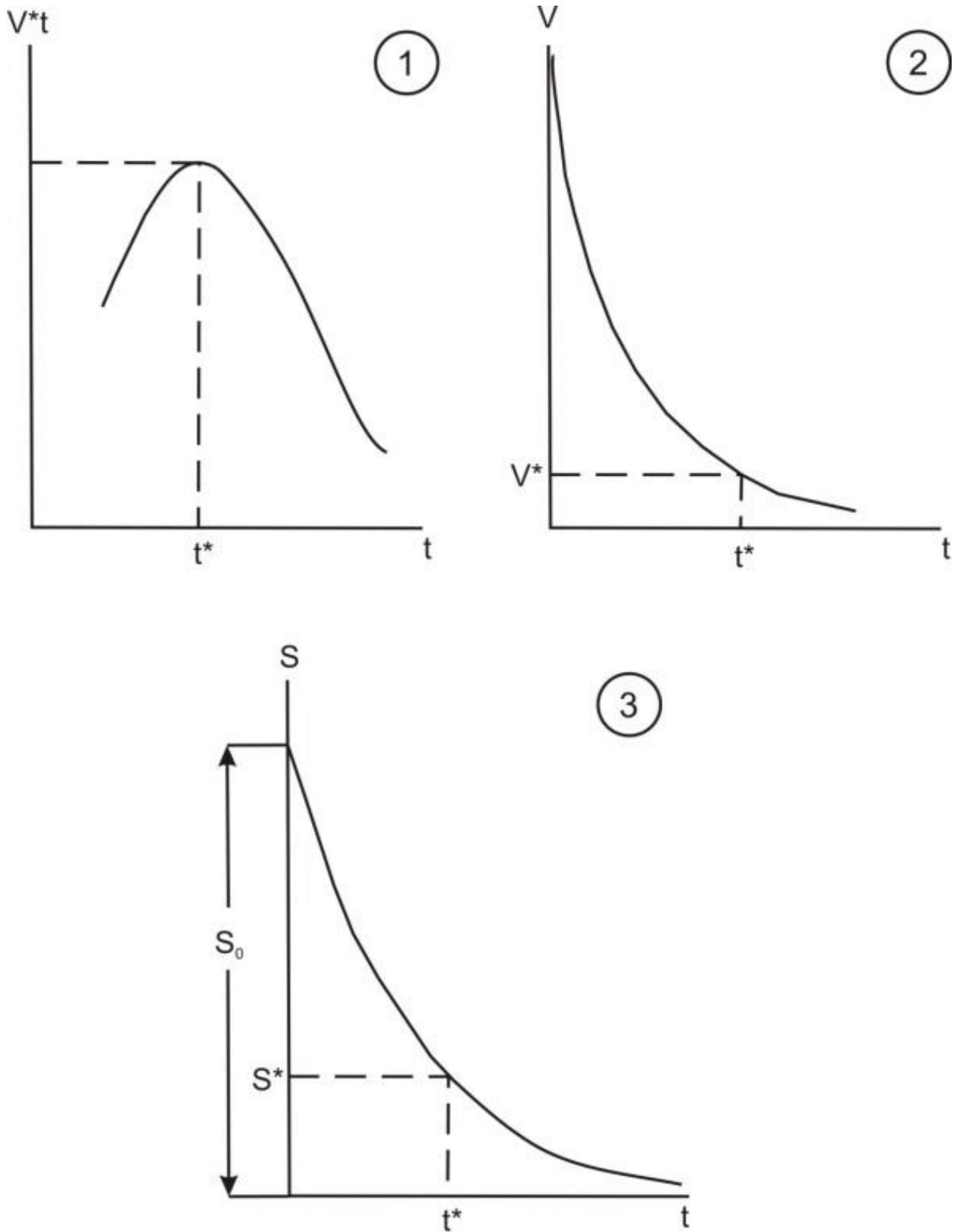
$$\xi = \frac{1}{\lg e} (\lg \mu + B);$$

где  $\xi$  - дополнительное сопротивление,

$\mu$  - водоотдача,

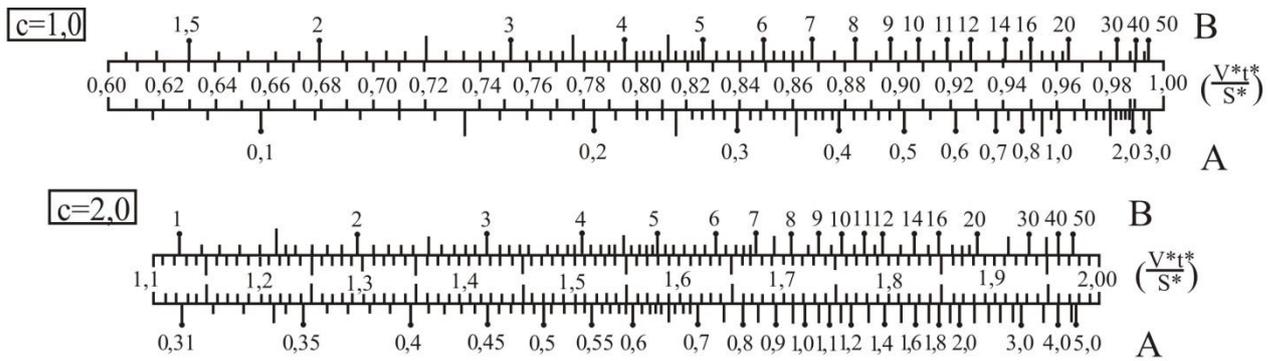
$B$  - коэффициент по номограмме численно равен  $B = \lg \mu^*$ ,

$\mu^*$  - расчётное значение водоотдачи.



- 1 - нахождение максимума  $V \cdot t$   
 2 - определение  $V^*$  в момент времени  $t^*$   
 3 - определение  $S^*$  в момент времени  $t^*$

Рисунок 3.21 – Алгоритм определения экстремальной опорной точки



Расчетные формулы:

$$T = A \frac{r_c}{t^*} \quad \xi = 2,3 (\lg \mu + B)$$

$T$  - коэффициент водопроницаемости, м<sup>2</sup>/сут;

$r_c$  - радиус скважины, мм;

$t^*$  - время экстремальной опорной точки, с;

$\mu$  - коэффициент водоотдачи;

$A, B$  - коэффициенты из номограммы;

$\xi$  - дополнительное сопротивление.

Пример:

Дано:  $\left(\frac{V^* t^*}{S^*}\right)_{c=1} = 0,89$ ;  $t_{c=1}^* = 45$ с;  $\left(\frac{V^* t^*}{S^*}\right)_{c=2} = 1,859$ ;  $t_{c=2}^* = 109$ с;

$$r_0 = 73 \text{ мм}; \quad \mu = 5 \cdot 10^{-3}$$

Результат: при  $\left(\frac{V^* t^*}{S^*}\right) = 0,89$  по номограмме  $c=1$

$$A = 0,45, \quad B = 8,4$$

при  $\left(\frac{V^* t^*}{S^*}\right) = 1,859$  по номограмме  $c=2$   $A=1,9$ ,  $A=17$

По формулам:  $T_{c=1} = 0,45 \frac{73^2}{45} = 53,3 \text{ м}^2/\text{сут}$ ;  $\xi = 2,3 (\lg(5 \cdot 10^{-3}) + 8,4) = 14,03$ ;

$$T_{c=2} = 1,9 \frac{73^2}{109} = 92,9 \text{ м}^2/\text{сут}; \quad \xi = 2,3 (\lg(5 \cdot 10^{-3}) + 17) = 33,8;$$

Рисунок 3.22 – Расчет коэффициента водопроницаемости и дополнительного сопротивления методом экстремальных опорных точек

### Вывод:

Усовершенствованный метод, основанный на мгновенном возмущении напора водоносного пласта посредством погружения цилиндрического снаряда под уровень воды в скважину с последующей прецизионной регистрацией его изменений, позволяет снять ограничения применимости экспресс-методов в хорошо проницаемых породах и избежать погрешностей в результатах при интерпретации опытных данных.

#### **4. ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДОТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ «ВОДОНОСНЫЙ ПЛАСТ-СКВАЖИНА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕЦИЗИОННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

В процессе добычи подземных вод, недропользователям необходимо решать ряд исследовательских задач, обозначенных лицензией. К числу основных задач относятся: подсчет запасов подземных вод, мониторинг подземных вод. Решая указанные задачи, встает вопрос изучения системы «водоносный пласт-скважина» (СВПС). При изучении определяются: каптажные характеристики водозаборных скважин, удельный дебит, коэффициент водопроницаемости, гидравлические потери, химический облик подземных вод. [49, 70].

Изучение системы «водоносный пласт-скважина» на участках где отсутствует возможность постановки, и реализации полноценных гидродинамических исследований автор предлагает проводить с применением экспресс-методов, основанных на использовании прецизионных гидрогеологических наблюдений за уровнем подземных вод. Как отмечалось ранее прецизионные измерения уровня воды (до 1 мм) в скважинах наиболее широко используются в сейсмоактивных районах [15, 61, 65, 99]. На платформенных территориях ПИ применяются на отдельных объектах в ограниченном объеме, в основном для решения научно-методических задач [38, 39, 76, 86, 91].

Кратковременные исследования, основанные на использовании прецизионных гидрогеологических наблюдений за уровнем подземных вод, принципиально отличаются от классических как по технологии, так и по точности измерения уровня [52]. Для получения исходной информации достаточно провести исключительно кратковременное возбуждение пласта и зарегистрировать его реакцию [53].

#### **4.1. Технология комплексирования экспресс-исследований для изучения природнотехногенной системы «водоносный пласт–скважина» на месторождениях пресных подземных вод**

В процессе ведения мониторинговых исследований пресных подземных вод на эксплуатируемых месторождениях выполняются следующие основные виды работ:

- наблюдения за техническим состоянием водозаборных скважин;
- наблюдения за эксплуатируемым водоносным горизонтом;
- наблюдения за территорией месторождения, с целью выявления потенциального источника загрязнения пресных подземных вод [88].

Гидродинамические исследования для осуществления оценки изменения фильтрационных характеристик отложений в рамках мониторинговых программ, как правило, не выполняются. В основном проводятся исследования в наблюдательных скважинах в виде прокачек и наливов с последующим наблюдением восстановления уровня подземных вод после прекращения опыта для оценки их инерционности.

На территории Западной Сибири для водоснабжения городов и поселков кроме одиночных автономных водозаборов используются групповые крупные водозаборы, проработавшие уже достаточно продолжительное время. В связи с этим почти на каждом групповом водозаборе в процессе эксплуатации формируется парк не работающих скважин, составляющий 10-30% от объема всех скважин водозабора. Это создает определенные трудности в слежении за динамикой параметров, характеризующих фильтрационные свойства отложений по площади месторождения.

Применение технологии комплексирования методов исследований на групповых водозаборах позволяет наиболее полно получить необходимые гидродинамические данные.

В комплекс гидрогеологических исследований входят методы [47], позволяющие оценивать гидродинамические параметры и качество скважин в зависимости от технического состояния исследуемого объекта:

- скважина не работает, не эксплуатируется (не оборудована насосной установкой);

- скважина работает, эксплуатируется (оборудована насосной установкой).

Вышеозначенные методы более подробно описаны в главе 3: это метод определения гидродинамических параметров, посредством режимного возбуждения пласта насосным оборудованием, установленным в скважину (далее экспресс-откачка) и экспресс-метод, основанный на возбуждении водоносного пласта, посредством погружения под уровень цилиндрического тела фиксированного объема (снарядное испытание скважины). В рассматриваемых методах регистрация возбуждения пласта выполняется прецизионными измерениями уровня воды в скважине.

Если скважина находится в эксплуатации (работает), то выполняются следующие виды исследований: регистрация уровня воды и дебита на каждом режиме работы (обычно 3—4) с отбором проб воды на изучение содержания механических примесей (на рабочем и максимальном режимах), с прослеживанием восстановления уровня воды в скважине (или понижения уровня воды в работающей скважине).

Если скважина не работает (в ней нет насосного оборудования), то для ее исследования применяется метод, который содержит следующие виды работ: погружение под уровень воды в скважине цилиндрического тела фиксированного объема, регистрацию изменения уровня воды в ней, а также измерение глубины забоя.

В результате применения перечисленных гидрогеологических исследований получают следующие гидродинамические параметры: коэффициент водопроводимости, гидравлические потери напора на фильтре скважины и динамические уровни в зависимости от производительности последней, содержание твердых механических примесей в воде для работающих скважин, качественные характеристики фильтра и глубину забоя для неработающих скважин.

Результаты исследований анализируются и увязываются с данными о конструкции фильтра. Сопоставление результатов, полученных в разные сроки, дает возможность оценить качество фильтра, установить тенденцию развития неустойчивых процессов в призабойной зоне и определить оптимальный режим эксплуатации системы в целом.

Основным гидродинамическим параметром системы «водоносный пласт-скважина», как отмечалось ранее, является водопроницаемость пласта [14], изменения которой предлагается определять экспресс-методами. Рассматриваемые методы экспресс-исследований определения гидродинамических параметров посредством опробования эксплуатационных скважин, позволяют кроме водопроницаемости рассчитывать ещё один гидродинамический параметр, это гидравлические потери на фильтре скважины.

Разбирая процесс фильтрации воды в системе «водоносный пласт-скважина», надлежит выделить две зоны фильтрации, в зависимости от удалённости последних от скважины:

- дальнюю - зону движения воды в пласте к скважине, где работают гидравлические сопротивления, обусловленные в основном степенью проницаемости водоносных пород (то есть состоянием порового пространства скелета) и месторасположением фильтра в пласте;

- ближнюю - зону движения воды из водоносного пласта в скважину через фильтр и призабойную зону, где работают гидравлические сопротивления, отвечающие сопротивлениям фильтра и призабойной зоны (так называемые местные сопротивления [19, 49]).

Гидравлические сопротивления, получаемые в результате просачивания подземных вод в зонах фильтрации системы «водоносный пласт-скважина», формируют общие гидравлические потери напора на фильтрах скважин [114].

Гидравлические сопротивления, обусловленные состоянием порового пространства скелета флюидовмещающих пород, могут изменяться в зависимости от степени подверженности скелета породы к механическим деформациям (сжатия или растяжения). При деформациях сжатия поровое пространство

скелета уменьшается, часть трещин в глинистых породах смыкаются, гидравлические сопротивления увеличиваются, возрастает и величина гидравлических потерь. При деформациях растяжения поровое пространство увеличивается, глинистые породы растрескиваются, трещины размыкаются, гидравлические сопротивления уменьшаются и соответственно становятся малыми гидравлические потери. Приток воды к скважине увеличивается. Скачкообразная перестройка структуры порового пространства значительно сильнее происходит в предварительно напряженной системе (системе «водоносный пласт-скважина», водоносный пласт находится в процессе эксплуатации). На такую систему достаточно небольшого воздействия, которое повлечёт потерю устойчивости этой системы, сопровождающейся трещинообразованием. Кроме того, сама фильтрация воды к скважине приводит к перестройке потоков течения в окрестностях точки наблюдения, к появлению неоднородного и несимметричного относительно скважины распределения поля напоров, а, следовательно, и поля напряжений, действующих на скелет. Всё это приводит к изменениям гидравлических сопротивлений пласта и соответственно к изменениям гидравлических потерь напора на фильтре скважин.

Факторы, вызывающие появление гидравлических потерь на фильтрах скважин, представлены гидравлическими сопротивлениями, образующимися в призабойной зоне и на фильтре при фильтрации воды из водоносного пласта в скважину. Указанные сопротивления формируются при недостаточной скважности фильтра, глинизации призабойной зоны, нарушении её структуры при бурении и обсадке скважины, при неправильном подборе гравийной обсыпки, при различных нарушениях технологии оборудования скважины и её эксплуатации [49].

#### **4.1.1. Результаты применения технологии комплексирования экспресс-исследований**

Технология комплексирования экспресс-исследований для изучения природнотехногенной системы «водоносный пласт–скважина» применялась

автором на месторождениях пресных подземных вод Тюменской группы (рисунок 4.1).

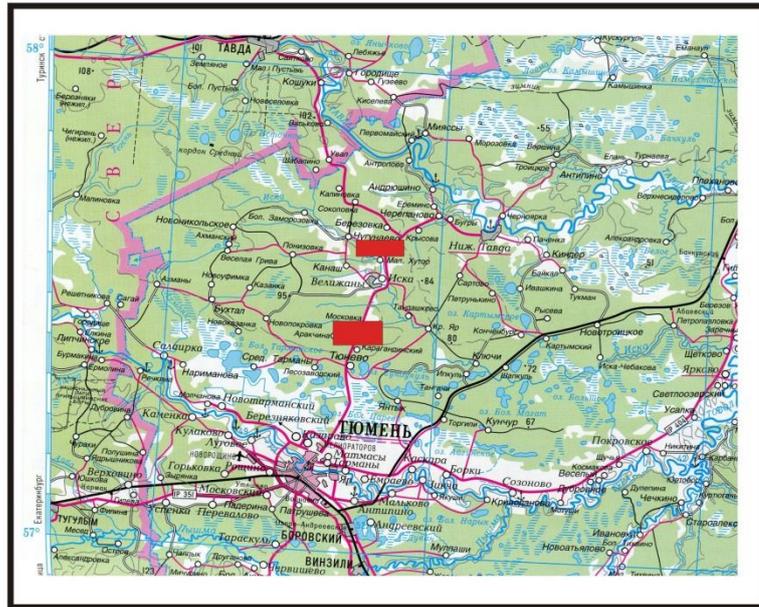


Рисунок 4.1 - Обзорная карта района работ

Масштаб 1 : 1 000 000

Условные обозначения

	Автомобильные дороги		Участок работ
	Железная дорога		Аэропорт
	Речной порт		Нефтяные месторождения
	Граница субъектов РФ		

Исследования выполнены на 105 скважинах Велижанского и Нижнетавдинского водозаборов. В 44 скважинах применялся метод снарядного испытания, в остальных экспресс-откачка.

Анализ результатов исследований показывает, что факторы, влияющие на изменения величины потерь, активны, о чём говорит широкий диапазон их изменения от 30 см до 30 метров. (таблица Б.4.1). В процессе анализа не обнаружено связи гидравлических потерь с водопроницаемостью. Так, для величин водопроницаемости, изменяющихся в следующих диапазонах: меньше  $300 \text{ м}^2/\text{сут}$ , от 300 до  $400 \text{ м}^2/\text{сут}$ , больше  $400 \text{ м}^2/\text{сут}$  характерны гидравлические потери в интервале 5 - 10 метров. Встречаемость отмеченных величин гидравлических потерь для районов исследований наибольшая (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Изменение величины гидравлических потерь в зависимости от вариаций водопроницаемости.

Величина потерь напора, м при Q=1000 м <sup>3</sup> /сут	Скважины, в которых определялись гидравлические потери при водопроницаемости равной:						Общая встречаемость, кол-во
	<300, м <sup>2</sup> /сут	Встречаемость, кол-во	300 – 400, м <sup>2</sup> /сут	Встречаемость, раз	>400, м <sup>2</sup> /сут	Встречаемость, кол-во	
до 2 м	11(I), 14(I), 11A(IV)	3	2(I), 9(II), 36(III), 13(IV), 4A(IV)	5	15(II)	1	9
2 - 5 м	1(I), 1A(IV)	2	14(II), 22(III), 32(III)	3	4(I), 5(I), 7(I), 16(II), 6(IV)	5	10
5 - 10 м	9(I), 16(I), 9(IV), 35(IV), 12A(IV)	5	4(II), 18(II), 26(II), 27(II), 8(III), 11(III), 19(III), 3(IV), 10A(IV)	9	3(I), 2(II), 13(II), 23(II), 24(II), 25(II), A-174	7	21
>10 м	12(II), 29(II)	2	12(III), 5(IV), 27(IV), НЖ-493/2	4	3(II), 5(II) A-285	3	9
Итого:		12		21		16	49

Отсутствует какая-либо тенденция изменений гидравлических потерь во времени, за период 1-12 лет гидравлические потери увеличились в шести случаях из 14, уменьшились тоже в шести из 14, не изменились в двух (рисунки В.4.2-В.4.8, таблица 4.3).

Подтверждена связь дебита с гидравлическими потерями для отдельной точки наблюдения, с увеличением дебита увеличиваются потери напора. (рисунки 4.9-4.13) [47].

Количество механических примесей определялось на рабочем и максимальном режиме работы скважины. Для выявления запредельного содержания песка в воде (0,1 г/л) было опробовано 54 скважин на рабочем режиме, 30 из них с проволочным фильтром, 24 с сетчатым. С содержанием механических частиц в воде выше нормы было зарегистрировано 15 скважин, из

них с проволочным фильтром 5, с сетчатым - 10 (таблица 4.4). Из этого следует, что для отложений слагающих гидрогеологические разрезы района рациональней оборудовать скважины проволочным фильтром.

Таблица 4.3 - Результаты определения гидравлических потерь с 1977 по 1992 год.

Номер скважины (участок)	Дата определения	Гидравлические потери, м, при $Q=1000\text{м}^3/\text{сут}$	Изменения гидравлических потерь м
1 (I)	3.11.88	1,9	-
	12.07.92	4,1	+2,2
4(II)	13.09.88	7,1	-
	15.03.91	6,2	-0,9
12(II)	3.08.89	13,1	-
	9.04.91	11,8	-1,3
13(II)	9.09.88	5,5	-
	3.08.89	7,5	+2,0
14(II)	11.07.88	2,1	-
	2.04.91	2,1	0,0
15(II)	9.09.88	1,8	-
	12.04.91	2,3	+0,5
25(II)	1977	4,0( $Q=845\text{м}^3/\text{сут}$ )	-
	1989	4,4( $Q=845\text{м}^3/\text{сут}$ )	+0,4
27(II)	6.07.88	5,3	-
	12.03.91	5,7	+0,4
8(III)	17.10.88	5,0	-
	19.09.89	5,0	0,0
	23.06.90	4,0	-1,0
11(III)	15.07.88	6,3	-
	1.07.90	3,5	-2,8
19(III)	27.09.88	9,2	-
	20.07.89	5,7	-3,5
	6.07.90	3,4	-2,3
32(III)	26.10.88	4,5	-
	17.10.88	4,5	0,0
5(IV)	1977	18,9( $Q=1520\text{м}^3/\text{сут}$ )	-
	13.09.88	14,9( $Q=1520\text{м}^3/\text{сут}$ )	-3,1
	12.09.89	11,0( $Q=1520\text{м}^3/\text{сут}$ )	-0,9
9(IV)	1977	11,0( $Q=1675\text{м}^3/\text{сут}$ )	-
	1988	12,0( $Q=1675\text{м}^3/\text{сут}$ )	+1,0

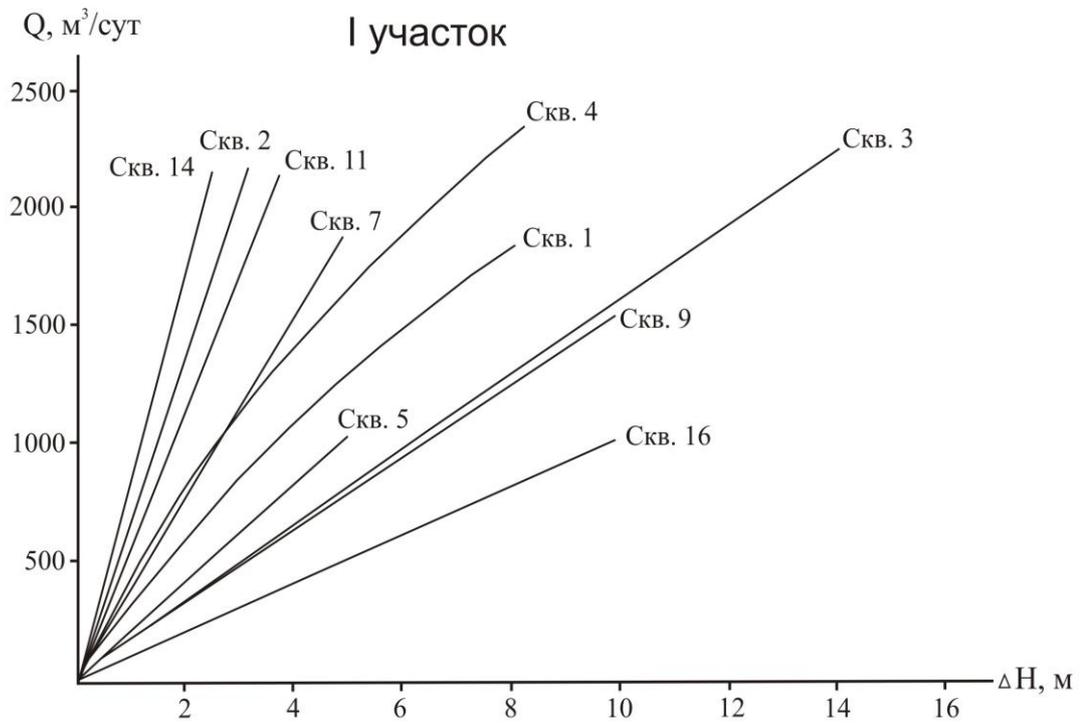


Рисунок 4.9 - Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин I участка Велижанского водозабора г.Тюмени (Западно-Карагандинское месторождение пресных подземных вод (МППВ))

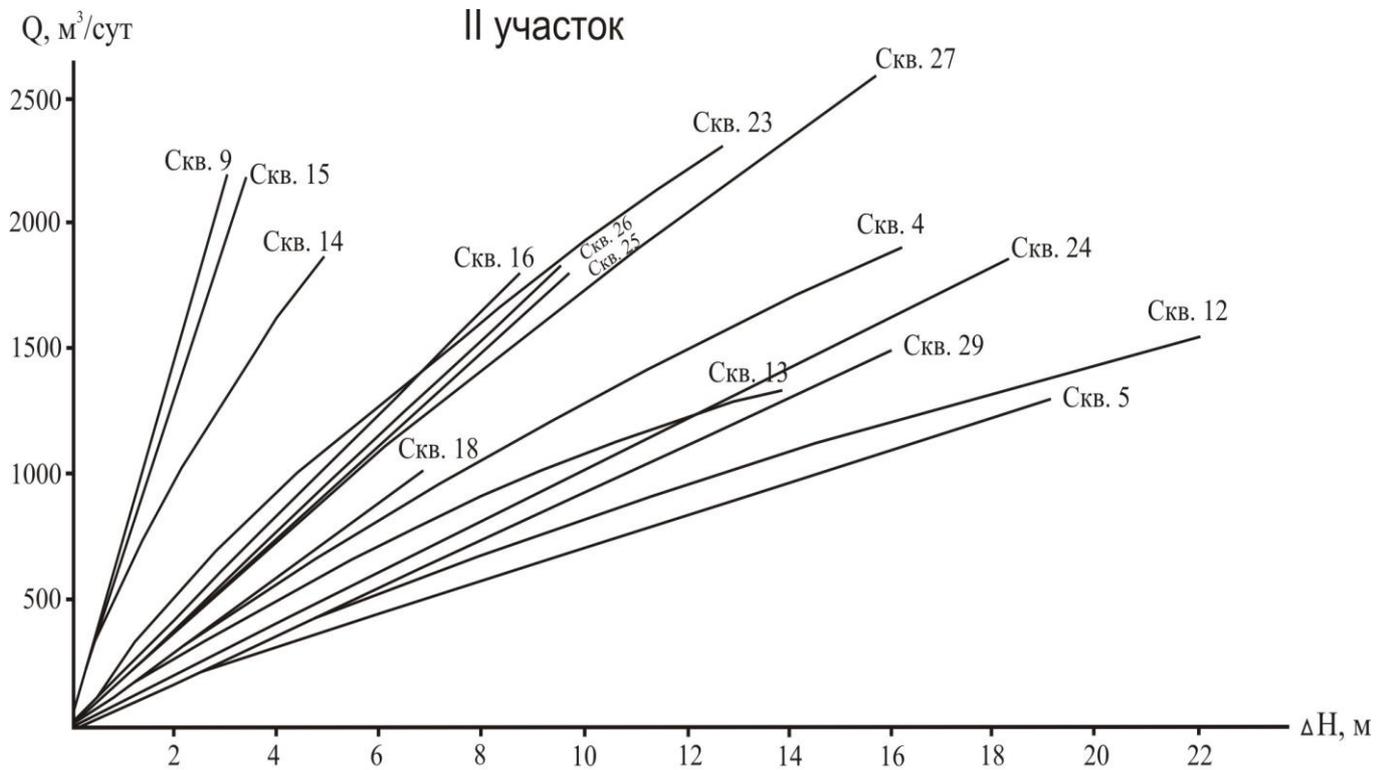


Рисунок 4.10 - Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин II участка Велижанского водозабора г.Тюмени (Восточно-Карагандинское МППВ)

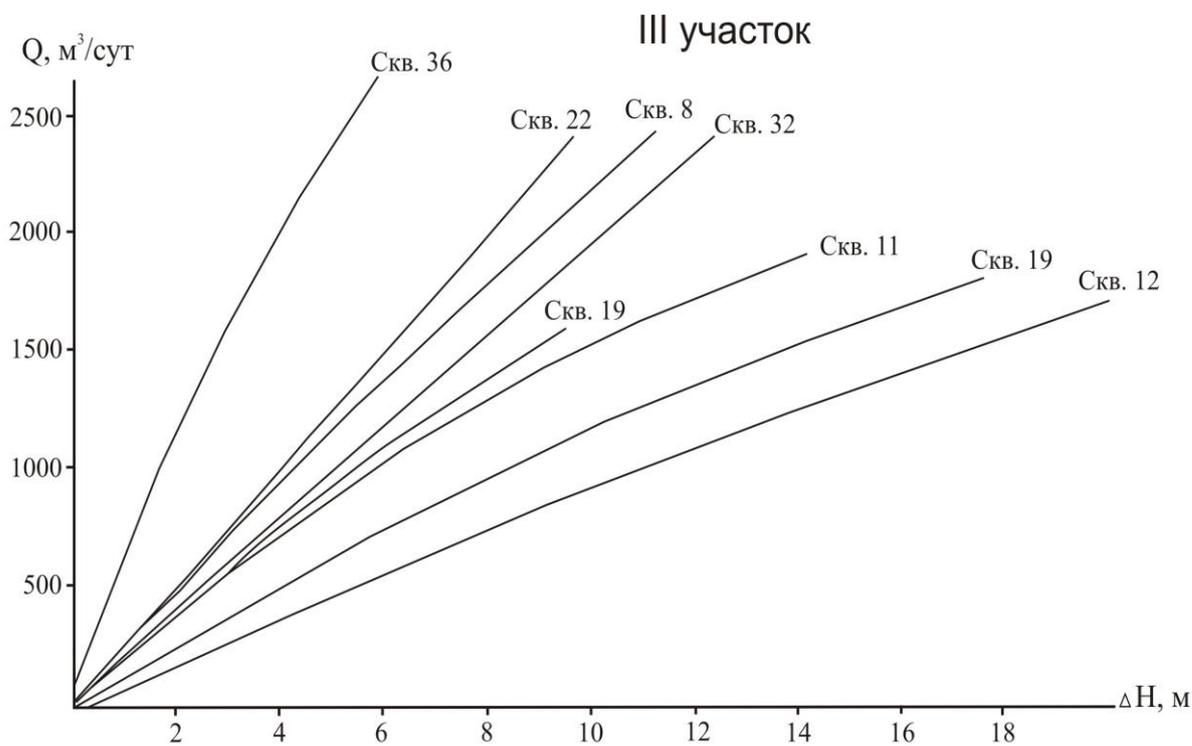


Рисунок 4.11 - Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин III участка Велижанского водозабора г.Тюмени (Северо-Карагандинское МППВ)

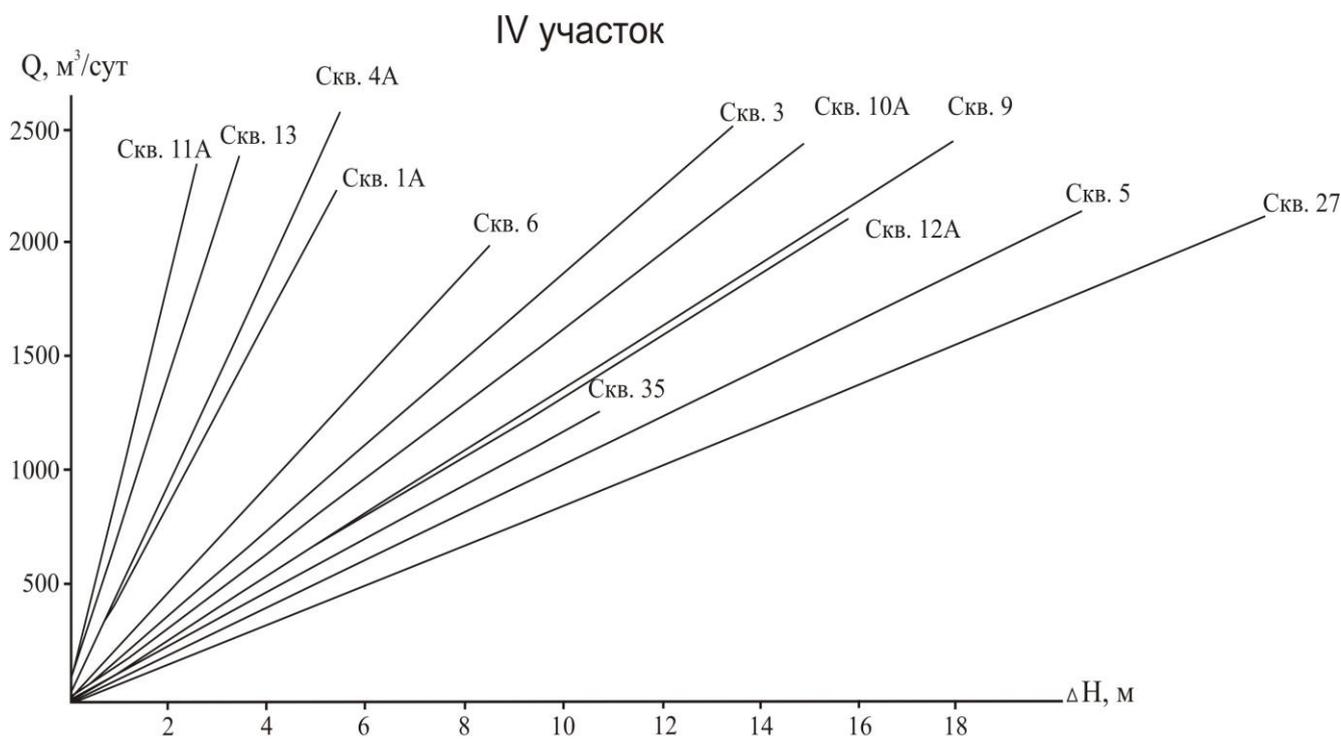


Рисунок 4.12 - Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин IV участка (Нижнетавдинское МППВ)

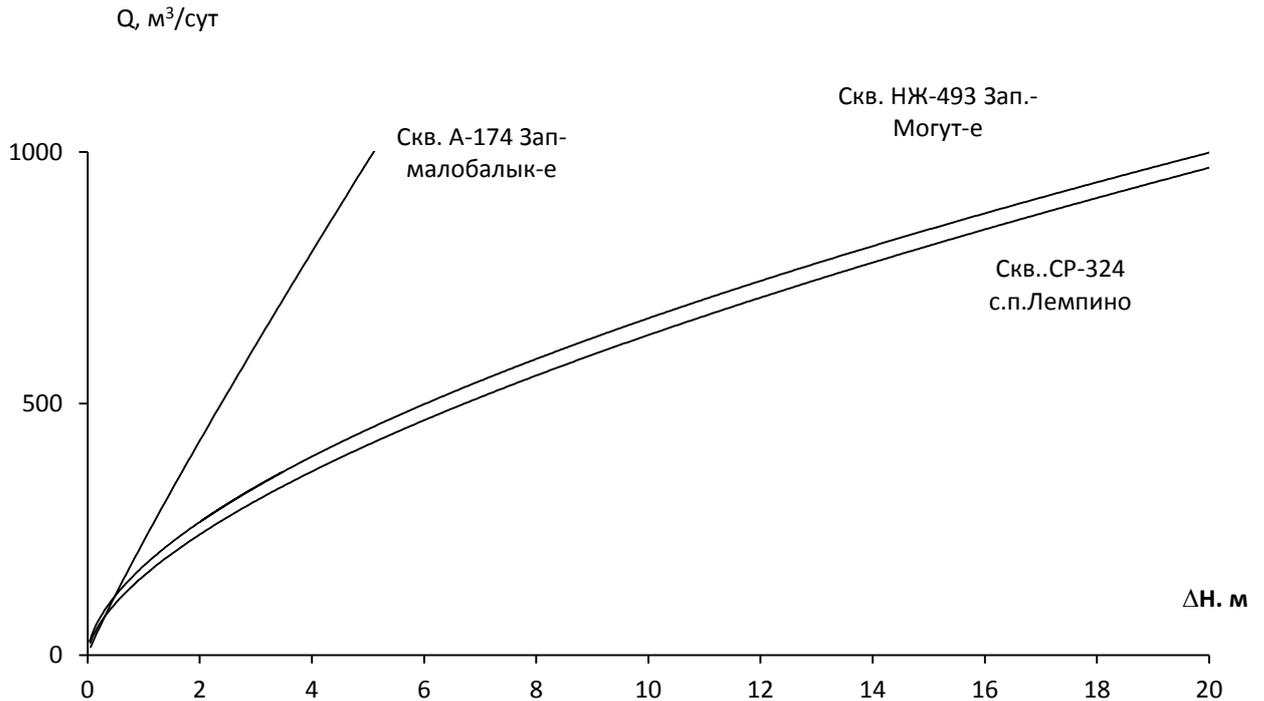


Рисунок 4. 13 - Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин одиночных водозаборов

Таблица 4.4 - Зависимость пескования скважин от типа фильтра.

	Количество скважин, (шт).	%
Скважины, в которых определялось содержание механических примесей в воде, в т.ч.:	54	100
- скважины с проволочным фильтром	30	55
- скважины с сетчатым фильтром	24	45
Скважины, в которых вынос механических примесей в фильтрующей воде выше нормы (>0,1 г/л), в т. ч.:	15	28
- с проволочным фильтром	5	34 (от 15)
- с сетчатым фильтром	10	66 (от 15)

**Вывод:** величины гидравлических потерь на фильтрах водозаборных скважин Тюменской группы месторождений зависят, в основном, от качества сооружения фильтра в процессе бурения и освоения скважин. Количественные

показатели этих потерь со временем не изменяются, что указывает на отсутствие кольматажа фильтра. Вынос твердых механических примесей в воде через фильтр указывает на некачественный процесс сооружения фильтра или на неверный выбор типа фильтра для данных гидрогеологических условий. Дальнейшие, после строительства скважин, разнонаправленные изменения гидравлических потерь во времени указывают:

- на структурно-механическую неустойчивость горных пород призабойной зоны и водоносного пласта в целом;
- на неустойчивость структуры порового пространства предварительно напряжённой системы (системы «водоносный пласт-скважина»).

Такие изменения потерь напора могут быть вызваны деформационными процессами, происходящими в гидрогеодеформационном поле земли [49] или факторами, обусловленными несоблюдением обслуживающим персоналом правил эксплуатации водозаборных скважин (эксплуатация скважин без должного контроля за уровнем режимом и дебитом скважины, приводящая к гидравлическим ударам и пр.).

#### **4.1.2. Группирование эксплуатационных скважин водозаборов Тюменской группы по степени надежности их работы.**

Анализируя результаты гидрогеологических исследований района месторождений пресных подземных вод Тюменской группы, автор пришел к выводу о том, что рассмотренный выше комплекс исследований, используемый на действующих водозаборах, позволяет получить данные для систематизации эксплуатационных скважин по степени надёжности их работы. Проблема определения дальнейшей пригодности скважины к эксплуатации или возможности её ремонта возникает практически на всех действующих водозаборах, так как в процессе эксплуатации часть водозаборных скважин изменяет свои первоначальные каптажные характеристики (уменьшается производительность скважин, увеличивается глубина динамического уровня и т.д.).

В зависимости от степени каптажной надежности по критериям запескованности, потерь напора на фильтре, выноса взвешенных частиц, инерционности скважины и её санитарного состояния, обследованные скважины (105 скважин) были выделены в три группы (таблица 4.5):

- скважины, эксплуатация которых в дальнейшем невозможна (фильтр значительно повреждён, закольматирован или полностью засыпан твердыми механическими примесями) составляют 8%;
- скважины, пригодные для дальнейшей эксплуатации - 49%;
- скважины с выявленными признаками, влияющими на продолжительность их работы - 43%.

Рассмотрим первую группу скважин, как она выделялась. Все скважины, этой группы кроме 35 (IV) без насосного оборудования. Скважины исследовались погружением цилиндрического снаряда под уровень воды, кроме того в скважинах промерялась глубина забоя для оценки рабочей части фильтра. По результатам исследований были построены графики зависимостей фактической площади фильтра ( $S = \pi \cdot D \cdot L$ ) от параметра  $V_t$  и от времени наступления первой экстремально-опорной точки (ЭОТ), где  $S$  - площадь фильтра, м,  $D$  - диаметр фильтра, м,  $L$  - длина фильтра, вычисленная в результате промера забоя, м (рисунки 4.14, 4.15). Кроме того, учитывалось мнение о работе скважин работников службы эксплуатации водозаборов, а именно, при эксплуатации скважины 12 первого участка Велижанского водозабора был отмечен значительный вынос механических частиц (песка), «горы» которых автор наблюдал вблизи скважины. Такой факт свидетельствовал о повреждении фильтра, если обратиться к графику  $S$  от  $V_t$  (рисунок 4.15) то видно, что площадь фильтра скважины мала и значение  $V_t$  тоже небольшое. Малая площадь фильтра подтверждает пескование (фильтр засыпан), то есть поврежден и в то же время низкие значения параметра  $V_t$  и высокие значения времени наступления первой Э.О.Т. - кольматацию фильтра, ухудшение его скважности. Рассмотрев скважину 6 третьего участка Велижанского водозабора по такой же схеме, обращаясь к рисунку 4.15, можно сделать вывод, что фильтр скв.6 при среднем значении

площади фильтра и при малом - параметра  $Vt$  и при высоком значении времени Э.О.Т. (которое не вошло в координатную разбивку оси  $t$ , как и у скв.12 (I) (рисунки 4.14, 4.15)) закольматирован так, что практически отсутствует реакция скважины на снарядное возмущение. Фильтр скважины 16 этого же участка засыпан значительно при большой величине  $Vt$ , что говорит о его повреждении (фильтр порван), скважность его увеличилась. Выше приведены рассуждения в качестве примера для первой группы скважин (наиболее характерные случаи).

Вторая группа скважин (таблица 4.5), включает в себя скважины, эксплуатация которых в дальнейшем возможна. Скважины этой группы характеризуются отсутствием признаков влияющих на продолжительность их работы. Признаки охарактеризованы ниже.

Третья группа скважин (таблица 4.5), состоит из скважин с выявленными признаками, к которым относятся:

- а). пескование скважин выше нормы (0,1 г/л),
- б). санитарное состояние скважин,
- в). потери напора на фильтре (свыше 5 м при дебите 1000 м<sup>3</sup>/сут),
- г). уменьшение рабочей части фильтра (фильтр засыпан до половины его длины).

Скважины этой группы подразделяются на две подгруппы: скважины с одним признаком и скважины с двумя признаками, влияющими на продолжительность их работы. В зависимости от признака, работоспособность скважин может быть восстановлена. Восстановление каптажных и санитарных качеств скважин устанавливается пробным порядком (пневмоимпульсная, химреагентная обработка, прокачка, аэрирование пласта и др.).

Часть скважин, скважины 4, 5 - второго участка и 4, 7, 22, 27, 32, 33, 34 - третьего участка второй группы, были оборудованы насосными установками. В них проводились гидрогеологические исследования, предусмотренные для работающих скважин («экспресс-откачки»). Результаты исследований подтвердили надежность работы скважин, оцененной исследованиями в неработающих скважинах.

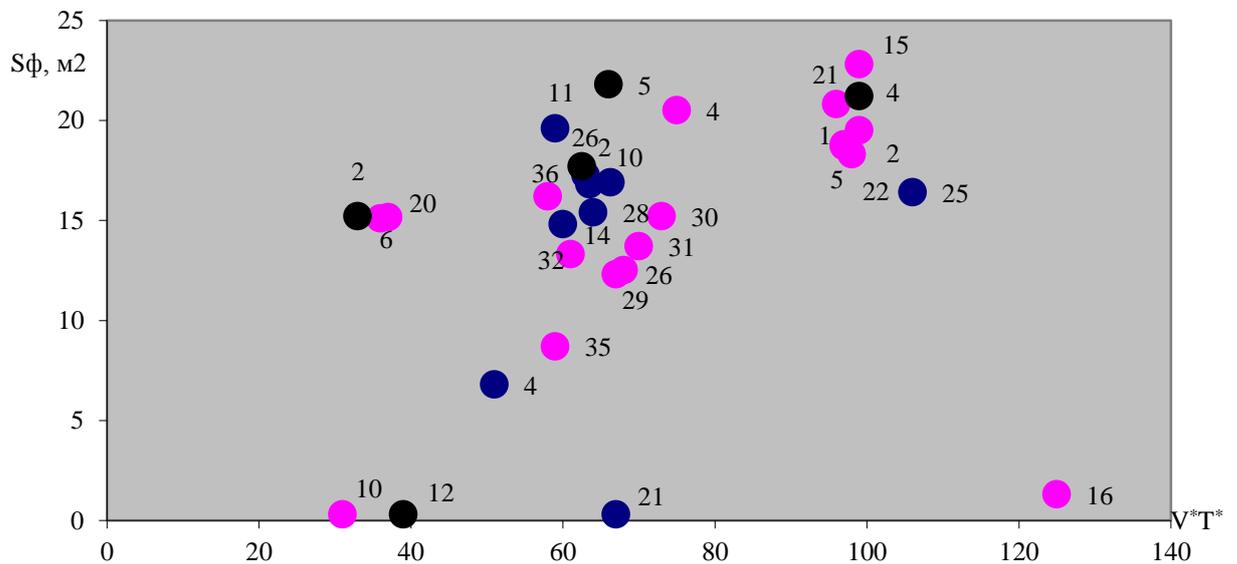
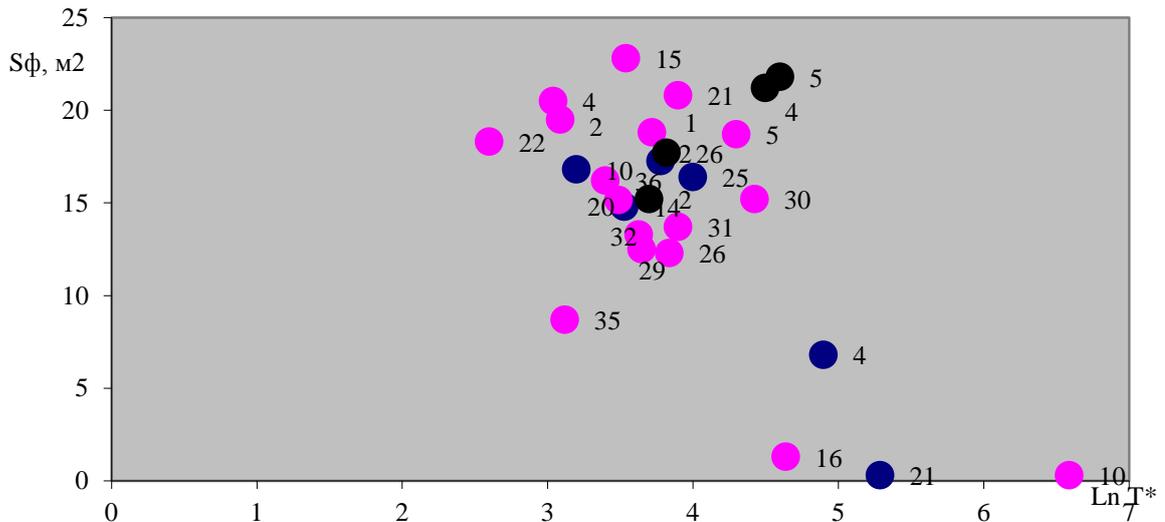


Таблица 4.5

Систематизация эксплуатационных скважин Тюменской группы месторождений по степени надежности их работы

Группы скважин	Участки				Всего скважин
	Западно-Карагандинский, (I)	Восточно-Карагандинский, (II)	Северо-Карагандинский, (III)	Нижнетавдинский, (IV)	
1	2	3	4	5	6
1. Скважины, эксплуатация которых в дальнейшем невозможна:					
	12	-	6,10,13,16	12,21,35	8
2. Скважины, пригодные к эксплуатации:					
2.1. Оборудованные насосами	3, 5, 8	8, 25	8, 9, 36	1,13,16,17,19,27,30,31,1А,5А.	18
2.2. Необорудованные насосами					
	6, 15	4, 5, 26	2,4,5,7,15,20,21,22,26,27,28,29,30,31,33,34	2,10,14,20,25,28,29,32,3А,8А,9А,13А,16А	34
3. Скважины с признаками, влияющими на продолжительность их работы, эксплуатация которых возможна после специальных восстановительных работ:					
3.1. С одним признаком, а именно:					
3.1.1. Содержание твердых механических частиц в воде выше нормы (>0,1 г/л);	4	3, 13, 14, 15, 17, 24, 29	-	6	9

1	2	3	4	5	6
3.1.2. По санитарному состоянию;	1, 2, 9, 14	10	12, 24, 32	18, 2А, 4А, 11А	12
3.1.3. Потери напора на фильтре >5 м при дебите 1000 м <sup>3</sup> /сут;	-	2, 27	-	9	3
3.1.4. Фильтр засыпан твердыми механическими примесями до половины длины.	1	23	1, 35	4, 11, 24, 33, 34, 6А	10
3.2. С двумя признаками:					
3.2.1. Содержание твердых механических частиц в воде выше нормы и по санитарному состоянию;	-	9, 12, 16	-	-	3
3.2.2. Содержание твердых механических частиц в воде выше нормы и по потерям напора;	16	-	-	-	1
3.2.3. По санитарному состоянию и по потерям напора.	-	18	11,19	3, 5, 10А, 12А	7

Результаты систематизации скважин Тюменской группы месторождений были переданы Тюменскому городскому управлению «Водоканализация» для ремонтных и восстановительных работ.

#### **4.2. Сопоставительный анализ результатов экспресс и традиционных методов исследований**

Как отмечалось ранее, исследования с применением прецизионных наблюдений в процессе выполнения экспресс-откачек проводились, начиная с начала девяностых годов прошлого столетия на территории Тюменской области, в основном, на территории месторождений пресных подземных вод, расположенных в Тюменском районе вблизи г. Тюмени. С начала 2000 годов указанные выше исследования стали широко применяться и на водозаборах, расположенных в центральной части Широкого Приобья.

Прецизионные измерения уровня воды в скважине с максимальной допустимой погрешностью до 1 мм выполнялись обычным электроуровнемером посредством несложных операций:

- исследуемая скважина оборудовалась индивидуальным стационарным уровнемером, до начала опыта обеспечивалось натяжение (отвис в скважине) мерного провода в течение 1-2 часов;
- измерительная шкала, по которой регистрировались изменения уровня воды в скважине, имела миллиметровые деления, длина её - соответствовала ожидаемой амплитуде колебания уровня;
- «отбивка» уровня выполнялась однотипно в момент разрыва контакта между электродом уровнемера и мениском воды в стволе скважины;
- частота замера уровня воды назначалась с учетом ожидаемой величины вариации уровня;
- в качестве индикатора уровня воды использовались звуковые датчики [55].

Экспресс-исследования (на основе ПИ) для изучения СВПС проводились в два этапа: подготовительный и опытный.

Подготовительный этап состоял из обследования скважин для выяснения их технического состояния, оснащения скважин мерными рейками и стационарными электроуровнемерами, согласования с недропользователем режима опробования скважин.

Опытный этап предполагал режимное опробование скважины в течение 2-4 часов, с наблюдениями за дебитом и уровнем. Способ возмущения пласта зависел от режима эксплуатации опытной скважины, в работающей до опыта скважине первоначально прослеживалось восстановление уровня при ее отключении, а в не работающей – снижение уровня при включении насоса. Гидродинамические параметры, а именно, коэффициент водопроницаемости, определялся по обработанным кривым восстановления (снижения) уровня.

Рассмотрим результаты экспресс-исследований и степень их достоверности. Для проверки их достоверности сопоставим эти результаты с результатами длительных кустовых и одиночных откачек на примере определения коэффициента водопроницаемости пласта на водных объектах центральной части Широкого Приобья.

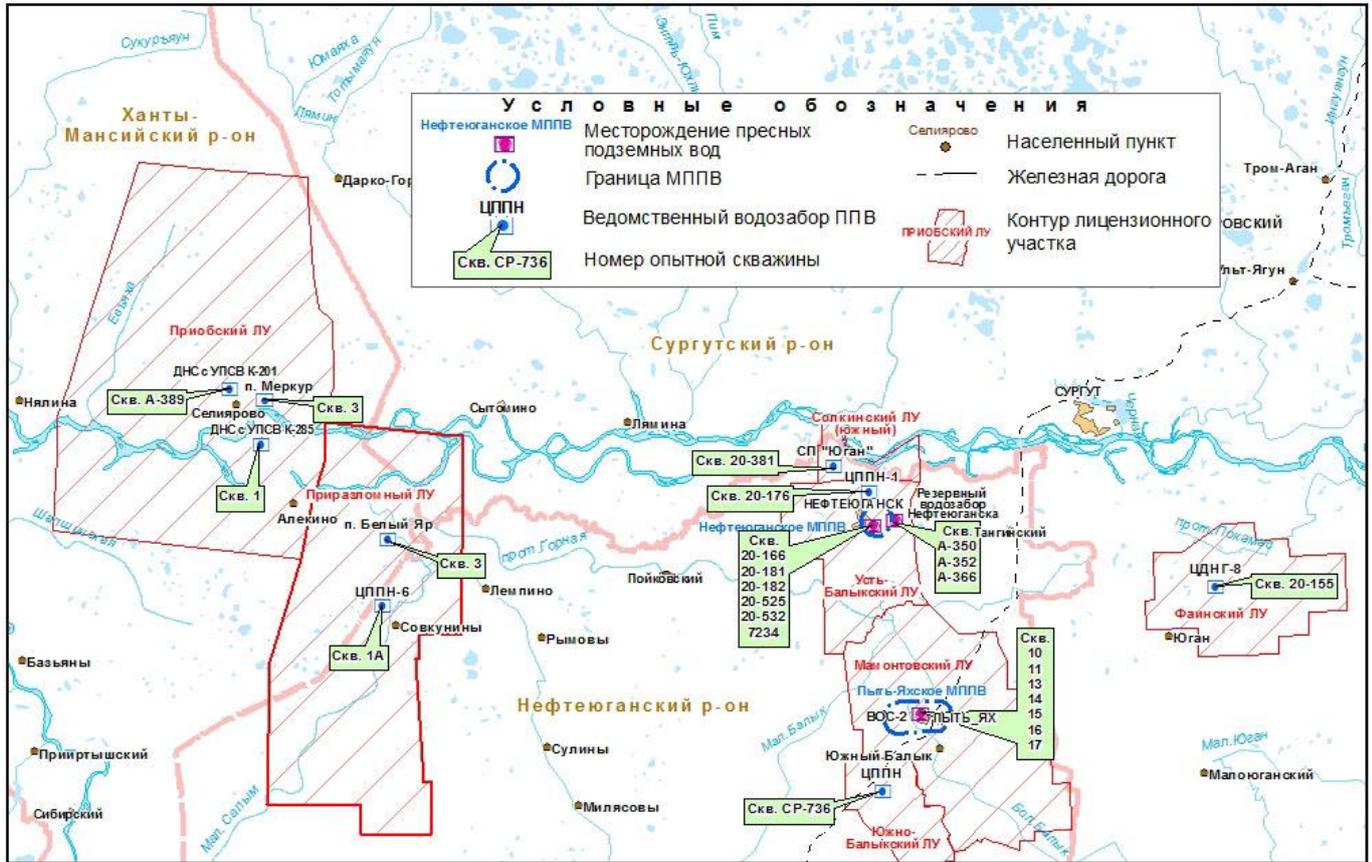
Экспресс-исследования и традиционные методы применялись в процессе проведения работ по оценке и переоценке запасов пресных подземных вод в пределах рассматриваемой территории (рисунок 4.16).

Длительные кустовые откачки выполнены на Нефтеюганском, Пыть-Яхском МППВ и на резервном водозаборе г. Нефтеюганска. Исследования проводились в период 2008-2018 годов. Продолжительность откачек варьировала от 1 суток до 120 суток.

Интерпретация опытных данных по наблюдательным скважинам кустовых откачек выполнена графоаналитическим способом с построением графика временного прослеживания в осях  $S-\lg t$ .

На Нефтеюганском МППВ опытный куст состоял из двух возмущающих скважин 7498, 7499 и шести наблюдательных – 20-166, 20-181, 20-182, 20-525, 20-532, 7234. Наблюдательные скважины расположены от центра возмущения на расстояниях 40-156 м. Продолжительность опыта составила 120 часов. Опыт был

начат 02.11.2016 года. Гидродинамическое возмущение в центре куста произведено при дебите 3106 м<sup>3</sup>/сут,



**Рисунок 4.16 - Обзорная карта площади исследования**

понижение составило 8,464 м (скв. 7498) и 7,871 м (скв. 7499). В наблюдательных скважинах понижение уровня достигло - 0,682 - 5,620 м.

На Пыть-Яхском МППВ (ВОС-2) 17 августа 2017 года выполнена откачка продолжительностью 25 часов. В качестве центральной скважины выбрана скважина №12 (20-974), в качестве наблюдательных – скважины №№ 10 (591), 11 (23-221), 13 (СР-102), 14 (20-471), 15 (20-475), 16 (20-470), 17 (20-472). Расстояния от центра возмущения до точек наблюдения 89-310 метров. Дебит возмущения составил 1396 м<sup>3</sup>/сут, понижение в центре – 8,202 метра, в точках наблюдений – 0,142 – 0,315 метров.

Кустовая откачка продолжительностью 96 часов проведена на резервном водозаборе г. Нефтеюганска 12.11.2008 года. Вода во время опыта откачивалась из скважины № 1 (А-351). Дебит откачки составил 3456 м<sup>3</sup>/сут. В качестве наблюдательных скважин использовались скважины №3 (А-352), №4 (А-350) и

№5 (А-366), расстояние до точки возмущения изменялось от 45,1 метра до 99,95 метров. Понижение в центральной скважине достигало величины 8,91 метр, в наблюдательных – 0,830 – 1,130 метра.

Результаты кустовых откачек приведены в таблице 4.6:

Таблица 4.6 - Результаты определения коэффициента водопроницаемости пласта по опытным данным, полученным в наблюдательных скважинах при производстве кустовых откачек

Название объекта	Дата опыта	Продолжительность опыта, час.	№ наблюдательной скважины	Коэффициент водопроницаемости, м <sup>2</sup> /сут
Нефтеюганское МППВ	02.11.2016.	120	20-166	1244
			20-181	287
			20-182	442
			20-525	814
			20-532	605
			7234	772
Пыть-Яхское МППВ (ВОС-2)	17.08.2017.	25	10	1649
			11	1578
			13	1645
			14	1702
			15	1727
			16	1866
			17	1829
Резервный водозабор г. Нефтеюганска	12.11.2008.	96	А-350	1378
			А-352	1332
			А-366	1434

Экспресс-исследования проводились в период 2008-2010 годов на малых автономных водозаборах, которые обслуживают поселки и нефтепромыслы Широкого Приобья. Продолжительность опытов варьировала от 30 минут до 2 часов. Интерпретация опытных закономерностей, полученных при одиночных откачках из скважин, выполнена также графоаналитической обработкой опытных данных, строились графики временного прослеживания. В 2019 году на этих же водозаборах повторно были выполнены более длительные опытные исследования продолжительностью от 8 часов до 24 часов.

Результаты определений сведены в таблицу 4.7:

Таблица 4.7 - Результаты определения коэффициента водопроницаемости пласта по опытным данным одиночных откачек

Название объекта	Дата опыта	Продолжительность опыта, час.	№ опытной скважины	Коэффициент водопроницаемости, м <sup>2</sup> /сут
ЦППН-6 Приразломное МН	24.04.2008.	2	1А	1498
	05.06.2019.	24		1228
ЦППН Южно-Балыкское МН	14.07.2008.	1	СР-736	159
	29.05.2019.	11		162
ЦППН-1 Усть-Балыкское МН	09.09.2008.	1	20-176	624
	22.05.2019.	24		793
ЦДНГ-8 Фаинское МН	11.09.2008.	0,67	20-155	987
	26.05.2019.	23		1049
ДНС с УПСВ к.201 Приобское МН	02.07.2010.	1,67	А-389	967
	25.06.2019	6		1071
ДНС с УПСВ к.285 Приобское МН	03.07.2010.	0,5	1	1193
	26.06.2019.	8		1205
СП «Юган» ЦППН Солкинское МН	29.06.2010.	1,5	20-381	1210
	19.06.2019.	8		1293
п. Меркур Приобское МН	01.07.2010.	1,5	3	1091
	18.06.2019.	10		1101
п. Белый яр Приразломное МН	24.04.2008.	1,5	3	626
	02.06.2019.	48		693

Значения коэффициентов водопроницаемости, полученные при интерпретации опытных данных: кустовых откачек, изменяются от 287 до 1868 м<sup>2</sup>/сут; длительных одиночных откачек - от 162 до 1293 м<sup>2</sup>/сут; экспресс-исследований - от 159 до 1498 м<sup>2</sup>/сут (таблица 4.7). Чуть заниженные значения коэффициентов водопроницаемости, определенные по результатам одиночных откачек говорят о несовершенстве опытных скважин, в отличие от значений, рассчитанных по результатам кустовых откачек в наблюдательных скважинах. На результаты определений, полученные в наблюдательных скважинах, несовершенство опытной скважины почти не сказывается. Значения коэффициента водопроницаемости, определенные по результатам длительных одиночных откачек и экспресс-методом, сопоставимы.

Низкие значения коэффициентов водопроницаемости, полученные по Нефтеюганскому району в пределах и вблизи Нефтеюганского МППВ, объясняются анизотропией водовмещающих отложений.

### **Вывод**

- Сопоставимость значений коэффициента водопроницаемости, определенных по результатам длительных одиночных откачек и экспресс-методом, позволяет использовать данные кратковременных прецизионных исследований в прогнозных расчетах при подсчете запасов пресных подземных вод на участках недр, эксплуатируемых одиночными и малыми групповыми водозаборами, когда отсутствует возможность постановки полноценных гидродинамических исследований.

### **4.3. Трансформация фильтрационных свойств горных пород при длительной эксплуатации месторождений пресных подземных вод, расположенных на территории Тюменской области**

Гидрогеологические исследования с применением прецизионных измерений на водозаборах Тюменской области, проводимые автором или при участии автора на протяжении многих лет (более 30 лет) выявили следующую закономерность: на месторождениях пресных подземных вод, которые эксплуатируются длительное время, интенсивно происходит трансформация фильтрационных свойств горных пород.

Для обнаружения изменений фильтрационных свойств горных пород, включающих подземные воды, анализировались результаты выполненных работ, полученных в процессе переоценки запасов пресных подземных вод на следующих МППВ (таблица 4.8): Ишимском (Ишимский район Тюменской области), Восточно-Тараскульском (Тюменский район Тюменской области), Холмогорском (Пуровский район ЯНАО) и Нефтеюганском (Нефтеюганский район ХМАО-Югра).

Перечисленные выше месторождения выбраны по следующим причинам:

1). Гидрогеологические исследования, проводимые в рамках переоценочных работ, выполнялись на тех же самых эксплуатационных участках МППВ, на которых ранее были проведены геологоразведочные работы;

2). Наличие опытных данных, полученных в период разведочных работ;

3). Наличие собственных опытных данных, полученных в период переоценочных работ.

Результаты гидрогеологических исследований показали, что фильтрационные и ёмкостные свойства горных пород, вмещающих подземные воды месторождений, за годы их эксплуатации изменились. Изменились следующие гидрогеологические параметры: коэффициент водопроницаемости, фактор и коэффициент перетекания, характеризующие вышеуказанные свойства.

Таблица 4.8 - Краткая характеристика рассматриваемых водных объектов

МППВ	Число эксплуатационных (наблюдательных) скважин	Современный водоотбор, м <sup>3</sup> /сут	Утвержденные запасы, м <sup>3</sup> /сут	Год разведки	Срок эксплуатации, годы
Ишимское	20	5000	16000	1966-67	46
Восточно-Тараскульское	6 (2)	1200	2000	1982-84	29
Холмогорское	4 (-)	300	11500	1982	32
Нефтеюганское	26 (9)	18000	35500	1972-73	40

Самым крупным месторождением из указанных МППВ является Нефтеюганское (26 эксплуатационных скважин и 9 наблюдательных, количество утвержденных запасов – 35500 м<sup>3</sup>/сут), самым маленьким – Холмогорское месторождение (4 скважины, количество утвержденных запасов – 2000 м<sup>3</sup>/сут), современный водоотбор рассматриваемых объектов изменяется от 300 до 18000 м<sup>3</sup>/сут, все объекты эксплуатируется более 25 лет.

Геологическое строение и гидрогеологические условия месторождений были рассмотрены ранее, по Холмогорскому МППВ данная информация приводится ниже по тексту.

В пределах Холмогорского месторождения пресных подземных вод эксплуатируется подмерзлотная часть олигоценового водоносного комплекса (ВК). Кровля продуктивного горизонта залегает на глубине 70-100 метров, его общая мощность достигает 120 м, эффективная мощность – 30-34 м (рисунок 4.17).

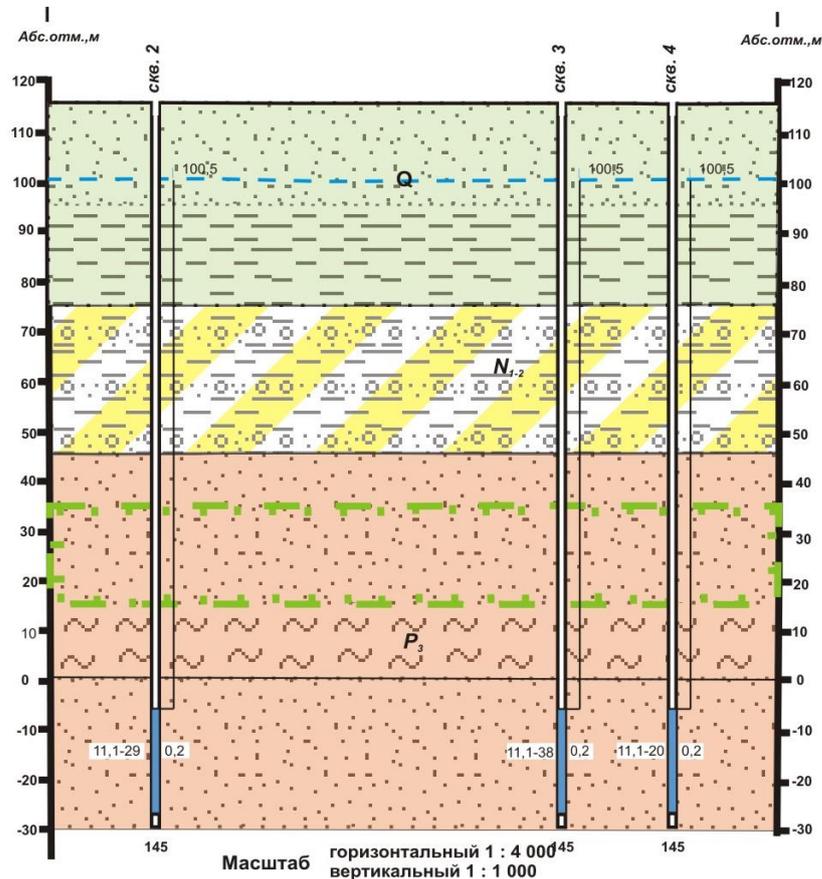


Рисунок 4.17 - Схематический гидрогеологический разрез Холмогорского МППВ

Сверху горизонт в пределах месторождения перекрыт реликтовыми ММП (мощностью до 20 м) и отложениями неоген-четвертичного возраста, подстилает горизонт – глинистые отложения тавдинской свиты морского генезиса [67].

Интерпретация опытных данных, полученных в процессе переоценочных работ, и переинтерпретация данных, полученных в процессе ранее выполненных геологоразведочных работ, проводилась в рамках модели М.С. Хантуша (по точке перегиба). Для определения коэффициентов водопроводимости ( $km$ ), пьезопроводности ( $a$ ), фактора перетекания ( $B$ ) и коэффициента перетекания ( $k_0/m$ ) строились графики временного прослеживания  $S - lgt$  (рисунки 4.18, 4.19, 4.20, 4.21), которые имеют точки перегиба ( $\Pi$ ). В этой точке меняется

направление вогнутости кривой [98, 106, 111, 117]. Путем экстраполяции по фактическим данным находилась величина максимального понижения  $S_m$ . Рассчитывалось понижение уровня в точке перегиба:  $S_n = 0,5 * S_m$ . По графику определялось время для точки перегиба  $t_n$  и наклон графика. Учитывая, что  $f(r/B) = e^{r/B} * K_0(r/B) = 2,3 * S_n / C$  по таблицам функции  $e^{r/B} * K_0(r/B)$  находилась величина  $r/B$ , зная  $r$  – параметр  $B$ . При известных  $Q$ ,  $S_n$ ,  $C$  и  $r/B$  (таблица 4.9) из уравнения  $S_n = \frac{Q}{4\pi km} K_0(\frac{r}{B})$  вычислялось значение  $km$ , а из соотношения  $r^2 / 4at_n = r/2B$  – коэффициент пьезопроводности,  $a$ .

Таблица 4.9 - Исходные данные для определения параметров:

Дата	Центральная скважина	Наблюд. Скважина	Q, м <sup>3</sup> /сут	Расстояние м-ду скв. (r), м	S <sub>max</sub>	S <sub>n</sub>	t <sub>n</sub>	Наклон, C	e <sup>r/B</sup> * K <sub>0</sub> (r/B)	r/B	K <sub>0</sub> (r/B)
<b>по Ишимскому МППВ</b>											
1966	51-Д	2-Н	1261	26,1	4,85	2,425	0,33	1,44	3,8733	0,026	3,7664
2011	1	2	1113	233	0,94	0,470	4,47	0,68	1,5897	0,45	1,0129
<b>по Восточно-Тараскульскому МППВ</b>											
1984	4-РЭ	2-П	173	92	0,7	0,35	8,13	0,28	2,8750	0,079	2,6599
2011	ТЮ-301	ТЮ-304н	895	104	0,218	0,109	0,667	0,24	1,0446	1,3	0,2437
<b>по Холмогорскому МППВ</b>											
1982	1-Р	2-Н	942	135,7	1,96	0,98	2,67	0,82	2,7488	0,093	2,4986
2005	4	2	299	51	0,3	0,15	4	0,21	1,6429	0,41	1,0930
<b>по Нефтеюганскому МППВ</b>											
1972	С-10	С-7252	960	110,8	0,331	0,166	0,716	0,18	2,1147	0,21	1,7062
2008	А-351	А-350	3456	80,4	0,83	0,415	1,58	0,48	1,9885	0,25	1,5415

Если обратиться к кривым графиков обработки опытных данных откачек (рисунок 4.19), то следует отметить, что в скважинах Восточно-Тараскульского месторождения при большем значении дебита скважины (данные откачки, проводимой в процессе переоценочных работ) понижение уровня меньше, полученного при опробовании скважины на разведочной стадии при меньшем дебите (расстояние между возмущающей и наблюдательной скважинами в опытном кусте практически одинаковые, разница составляет 12 метров). Данный факт свидетельствует об изменении состояния фильтрационной среды месторождения в период его эксплуатации.

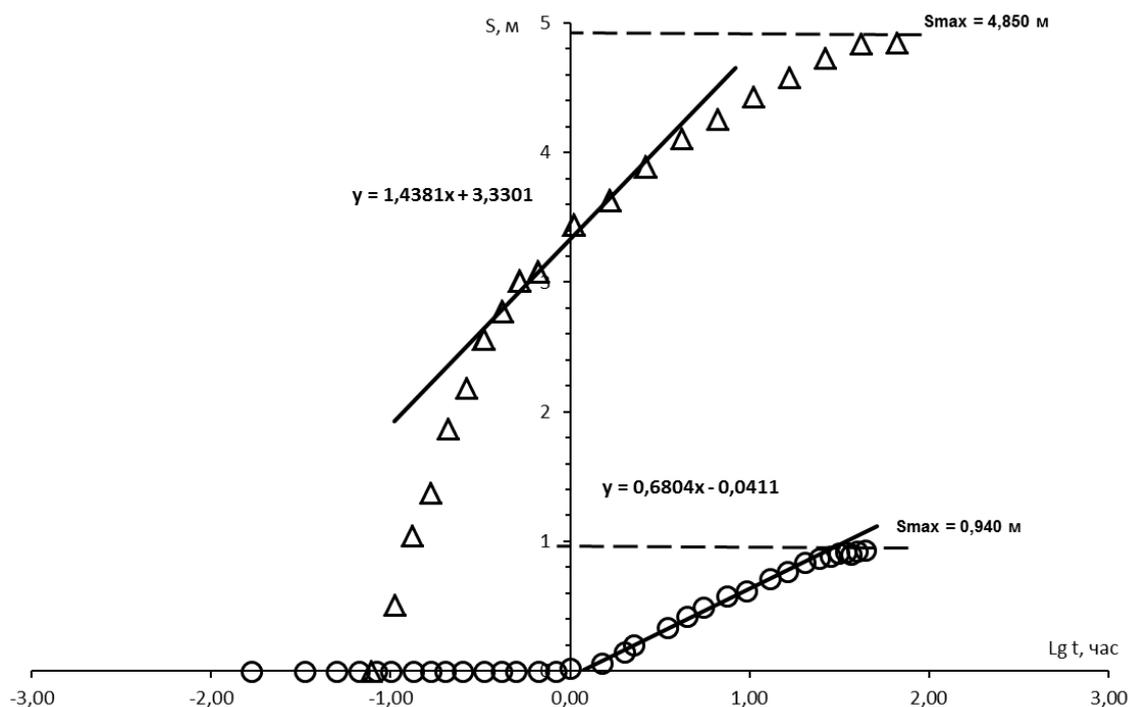


Рисунок 4.18 - Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Ишимское МППВ).  
 $\Delta$  - Наблюдательная скважина № 2-Н, 1966 г. Центральная скважина №51-Д, расстояние между скважинами 26,1 м, дебит возмущения  $1261 \text{ м}^3/\text{сут}$ .  
 $\circ$  - Наблюдательная скважина № 2, 2011 г. Центральная скважина № 1, расстояние между скважинами 233 м, дебит возмущения  $1113 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

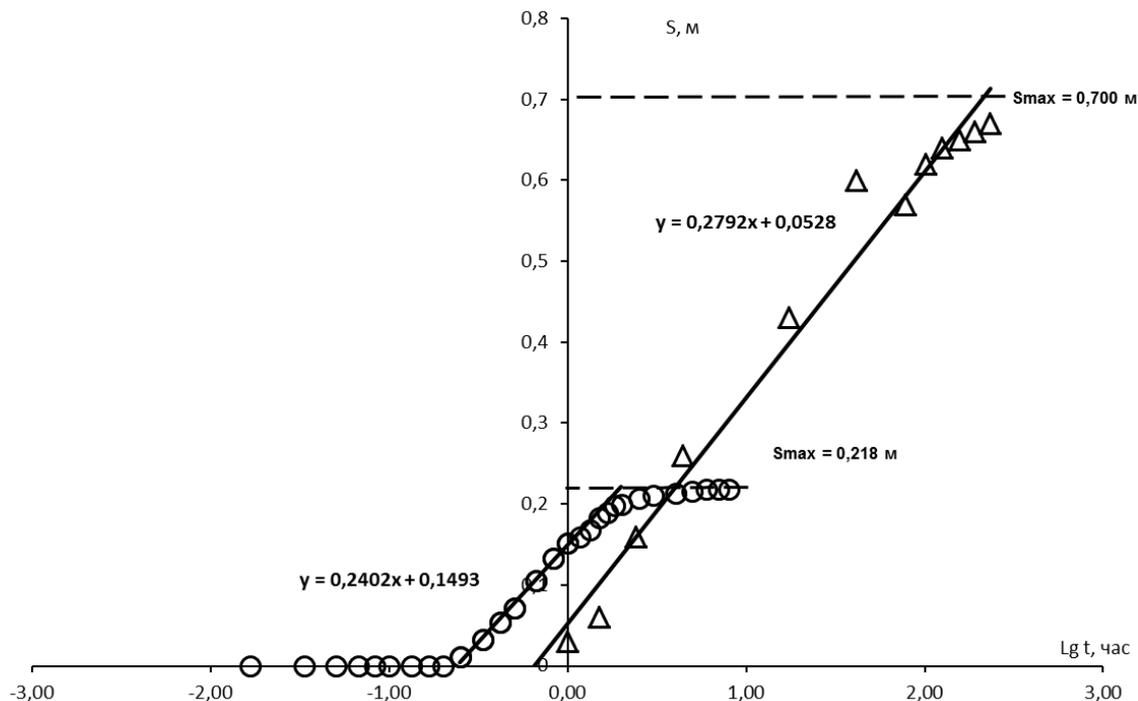


Рисунок 4.19 - Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Восточно-Тараскульское МППВ).  
 $\Delta$  - Наблюдательная скважина № 2-П, 1984 г. Центральная скважина №4, расстояние между скважинами 92 м, дебит возмущения  $173 \text{ м}^3/\text{сут}$ .  
 $\circ$  - Наблюдательная скважина № ТЮ-304-Н, 2011 г. Центральная скважина № ТЮ-301, расстояние между скважинами 104 м, дебит возмущения  $895 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

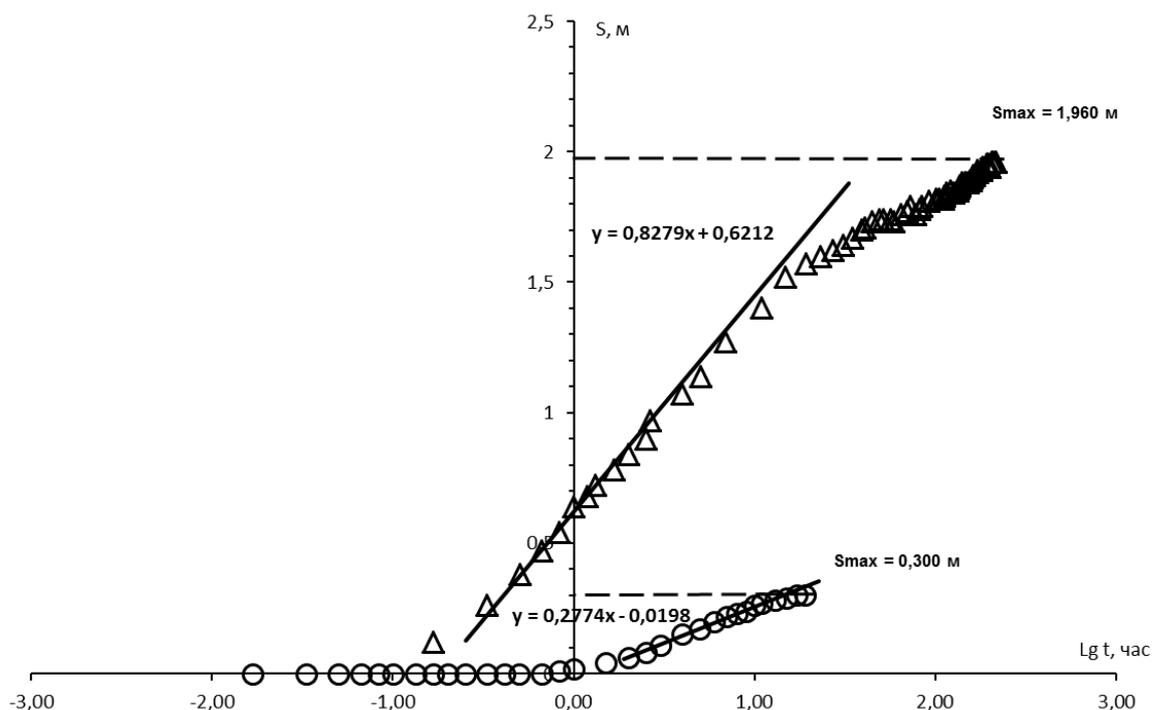


Рисунок 4.20 - Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Холмогорское МППВ).  
 Δ - Наблюдательная скважина № 2-Н, 1982 г. Центральная скважина № 1-Р, расстояние между скважинами 135,7 м, дебит возмущения 942 м<sup>3</sup>/сут.  
 О - Наблюдательная скважина № 2, 2005 г. Центральная скважина № 4, расстояние между скважинами 51 м, дебит возмущения 299 м<sup>3</sup>/сут.

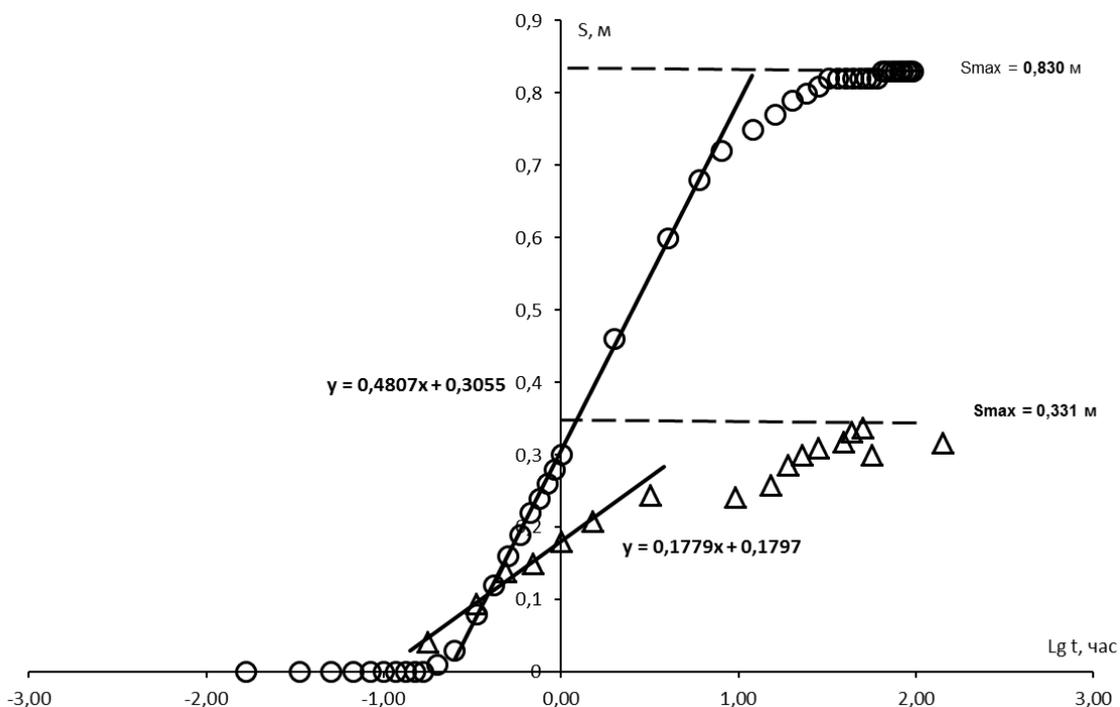


Рисунок 4.21 - Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Нефтеюганское МППВ).  
 Δ - Наблюдательная скважина № С-7252, 1972 г. Центральная скважина № С-10, расстояние между скважинами 110,8 м, дебит возмущения 960 м<sup>3</sup>/сут.  
 О - Наблюдательная скважина № А-350, 2008 г. Центральная скважина № А-351, расстояние между скважинами 80,4 м, дебит возмущения 3456 м<sup>3</sup>/сут.

Таблица 4.10 - Результаты определения параметров по рассматриваемым месторождениям:

МПШВ	Год опытных работ	Значение гидрогеологических параметров			
		Коэффициент водопроницаемости, м <sup>2</sup> /сут	Коэффициент пьезопроводности, м <sup>2</sup> /сут	Фактор перетекания, м	Коэффициент перетекания, 1/сут
Ишимское	1966-67 гг.	156	$9,5 \cdot 10^5$	1004	0,0002
	2011	191	$3,2 \cdot 10^5$	518	0,0007
Восточно-Тараскульское	1984	105	$1,5 \cdot 10^5$	1165	0,0001
	2011	159	$1,4 \cdot 10^5$	74	0,0289
Холмогорское	1982	191	$8,9 \cdot 10^5$	1459	0,0001
	2005	173	$0,2 \cdot 10^5$	124	0,0112
Нефтеюганское	1972	788	$9,8 \cdot 10^5$	528	0,003
	2008	1022	$1,9 \cdot 10^5$	322	0,010

Анализируя значения параметров коэффициента водопроницаемости, фактора перетекания, коэффициента перетекания, можно сделать следующий вывод: эти параметры за время эксплуатации месторождений изменились (таблица 4.10). Изменения показывают, что состояние фильтрационной среды улучшилось. Коэффициент водопроницаемости увеличился (в трех случаях из четырех), фактор перетекания уменьшился, коэффициент перетекания увеличился. Данные изменения можно объяснить следующим: постоянная и продолжительная эксплуатация месторождений формирует в фильтрационной среде благоприятную ситуацию для увеличения перетоков по сформировавшимся каналам из верхней части разреза в продуктивный горизонт (изменяется во времени состояние отложений, перекрывающих водоносный пласт [69]). Наиболее значительным параметром из перечисленных ранее, квалифицирующим улучшение состояние фильтрующей среды, является коэффициент перетекания, который характеризует разделяющий слой в фильтрационной толще, состоящей из двух водоносных горизонтов - нижнего и верхнего. Он определяется отношением коэффициента фильтрации к мощности разделяющего слоя. Увеличение значений коэффициента перетекания разделяющего слоя за время эксплуатации месторождений ПШВ свидетельствует об улучшении состояния

фильтрационной среды, которая влияет на степень восполняемости запасов пресных подземных вод. Она увеличивается за счет инфильтрации метеогенных вод по образующим вертикальным каналам, формирование водопритоков происходит в условиях активизированного процесса перестройки фильтрующих каналов [108]. На основании этого можно заключить, что объём воды, оцененный в период разведочных работ без учета процессов изменения фильтрующей среды, занижен. С другой стороны, улучшение состояние фильтрационной среды ухудшает степень защиты (увеличивает уязвимость) подземных вод от техногенного воздействия.

Таким образом, параметры, характеризующие фильтрационную среду месторождений пресных подземных вод, изменяются со временем их эксплуатации и динамика их изменений является индикатором её состояния [69].

#### **Выводы:**

- Многолетняя эксплуатация МППВ, расположенных в районах Тюменской области, приводит к трансформации фильтрационных свойств горных пород, включающих подземные воды, к их улучшению.
- Фиксация изменений значений коэффициента водопроводимости, посредством прецизионных измерений уровня воды при выполнении мониторинговых исследований, позволит надежно и своевременно выявлять изменения фильтрационной среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование прецизионных наблюдений за уровнем подземных вод в полевых исследованиях экспресс-методами позволяет уменьшить продолжительность исследований и, тем самым, сократить материальные затраты при выполнении опытно-фильтрационных работ на водозаборах Тюменской области.

Гидрогеологические исследования проведены на разных водных объектах. В одном случае это небольшие водные объекты (по степени водоотбора и количеству скважин), в другом – крупные водные объекты (месторождения пресных подземных вод). Объекты, на которых выполнены работы, расположены в границах Тобольского и Среднеобского бассейнов стока ЗСМБ. Подземные воды рюпельского (олигоценового) водоносного горизонта имеют огромное практическое значение, они используются для индивидуального и централизованного водоснабжения многих городов, поселков и объектов нефтегазовой промышленности. Ресурсы рассматриваемого водоносного горизонта обеспечены главным образом упругими и привлекаемыми запасами, формирующими при его продолжительной и интенсивной эксплуатации.

Действующие крупные групповые водозаборы на территории Тюменской области имеют парк не работающих скважин (в скважинах отсутствуют насосные установки), составляющий 10-30% от объема всех скважин. Предложенная автором технология комплексирования экспресс-исследований в зависимости от состояния водозаборных скважин позволяет получить необходимый исходный материал для оценки эксплуатационных запасов, возможность детализированного площадного слежения за процессами происходящими в СВПС и выполнить группирование эксплуатационных скважин по степени надежности их работы.

Результаты исследований были проанализированы в увязке с различными факторами. Обнаружено, что в основном величины гидравлических потерь в системе «водоносный пласт-скважина» зависят от качества сооружения фильтра в процессе строительства, освоения и пробной эксплуатации скважины. Дальнейшая динамика изменения гидравлических потерь указывает на

структурно-механическую неустойчивость напряженной системы «водоносный пласт-скважина». Структурно-механическая неустойчивость может быть вызвана деформационными процессами, происходящими в гидрогеодеформационном поле земли или техническими факторами.

Сопоставительный анализ результатов исследований, свидетельствует о достаточно хорошей сходимости параметров, полученных при проведении длительных и кратковременных откачек, что позволяет их использовать в прогнозных расчетах при подсчете запасов пресных подземных вод на участках недр, эксплуатируемые одиночными и малыми групповыми водозаборами, когда отсутствует возможность постановки полноценных гидродинамических исследований.

Коэффициент водопроницаемости, определяемый по результатам кратковременных одиночных откачек, является комплексным параметром, характеризующим всю СВПС, что разрешает при прогнозных расчетах понижений уровня подземных вод не учитывать (и не определять) дополнительное понижение уровня, обусловленное несовершенством скважины.

Фиксация изменений значений коэффициента водопроницаемости посредством прецизионных измерений уровня воды при применении экспресс-методов в мониторинговых исследованиях позволит надежно и своевременно выявлять изменения фильтрационной среды.

Длительная эксплуатация МППВ, расположенных в районах Тюменской области, приводит к изменению параметров, характеризующих фильтрационную среду месторождений, а динамика изменений параметров является индикатором её состояния и степени уязвимости подземных вод.

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить: предлагаемый комплекс исследований позволяет получить необходимый материал для оценки эксплуатационных запасов на действующих водозаборах, когда традиционный подход в исследованиях ограничен и данные для группирования эксплуатационных скважин по степени надежности их работы. Применение экспресс-методов в этом случае дает возможность оценить пригодность

эксплуатационных скважин к дальнейшей их работе и изучить параметры системы «водоносный пласт-скважина», а также произвести оперативно и экономично детализацию изучаемой площади с целью предотвращения загрязнения подземных вод и своевременного реагирования на возможное загрязнение.

**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ВАК – Высшая аттестационная комиссия

ВГ – водоносный горизонт

ВК – водоносный комплекс

ВНС – водонапорные системы

ГГД – гидрогеодеформационное поле

ГФС - геофлюидальных систем

ДНС – дожимная насосная станция

ЗапСибНИГНИ - Западно-Сибирский научно-исследовательский геологоразведочный нефтяной институт

ЗСМБ – Западно-Сибирский мегабассейн

КМГР - кайнозойско-меловой гидрогеологический резервуар

КМСБС – кайнозойско-меловая система бассейнов стока

ММП – многолетнемерзлые породы

МН – месторождение нефти

МПК – многопрофильная компания

МППВ – месторождение пресных подземных вод

ОАО – открытое акционерное общество

ОГСЗ – Омско-Гыданская структурная зона

ООО – общество с ограниченной ответственностью

П – точка перегиба

ПДК – предельно допустимая концентрация

ПИ - прецизионные измерения

ППВ – пресные подземные воды

РАН – Российская академия наук

СанПиН – санитарно-эпидемиологические правила и нормы

СВПС – система «водоносный пласт-скважина»

СП – санаторий профилакторий

ТИУ – Тюменский индустриальный институт

УПСВ – установка предварительного сброса воды

ХМАО – Ханты-Мансийский автономный округ

ЦДНГ – цех по добыче нефти и газа

ЦППН – цех переработки и перекачки нефти

ЭОТ - экстремально-опорная точка

ЯНАО – Ямало-Ненецкий автономный округ

$a$  - коэффициент пьезопроводности

$B$  – фактор перетекания

$C$  – угол наклона прямой

$D$  - диаметр фильтра скважины

$km(T)$  - коэффициент водопроводимости

$k_0/m$  – коэффициент перетекания

$K_0(r/B)$  – функция Бесселя 2-го рода 0-го порядка

$L$  - длина фильтра скважины

$Q$  – дебит скважины

$pH$  – водородный показатель

$r$  - радиус скважины

$r$  – расстояние от опытной скважины до наблюдательной

$S$  - понижение (восстановление) уровня в скважине

$S$  - площадь фильтра скважины

$S_{\pi}$  – понижение уровня в скважине в точке перегиба

$S_m$  - величина максимального понижения уровня в скважине

$S^*$  - понижение (восстановление) уровня в скважине в экстремально опорной точке

$t$  – время

$t_{\pi}$  – время в точке перегиба

$t^*$  - время экстремальной опорной точки

$V$  – скорость изменения уровня в скважине

$\mu$  – водоотдача

$\mu^*$  - расчётное значение водоотдачи

$\xi$  - дополнительное сопротивление

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.С. Экспресс-опробование гидрогеологических скважин / В.С. Алексеев, Л.А. Рохлин, А.Г. Тесля // Обзор. Серия: Гидрогеология и инженерная геология. – М.: ВИЭМС, 1972. - 50 с.
2. Бабушкин, В.Д. Указания по определению коэффициента фильтрации при опытных откачках из несовершенных скважин / В.Д. Бабушкин. – ВНИИ Водгео, 1950.
3. Баулин, В.В. Многолетнемерзлые породы нефтегазоносных районов СССР / В.В. Баулин - М.: Недра, 1985. - 176 с.
4. Бешенцев, В.А. Геохимический облик пресных подземных вод ЯНАО и методы улучшения их качества (водоподготовка) / В.А. Бешенцев // Горные ведомости. Тюмень, ОАО «СибНАЦ»: - 2006. - №8. - С. 86-95.
5. Бешенцев, В.А. Техногенная нагрузка на подземные воды, их санитарное состояние и степень защищенности от загрязнения (статья) / В.А. Бешенцев // Горные ведомости. Тюмень, ОАО «СибНАЦ»: - 2008. - № 11. - С. 44-53.
6. Бешенцев, В.А. Техногенная трансформация подземных вод Ямало-Ненецкого нефтегазодобывающего региона / В.А. Бешенцев // Горные ведомости. Тюмень, ОАО «СибНАЦ»: - 2015. - № 6. - С. 20-36.
7. Бешенцев, В.А. Эколого-геологические проблемы при разработке и эксплуатации нефтегазовых месторождений / В.А. Бешенцев // Горные ведомости. Тюмень, ОАО «СибНАЦ»: - 2007. - №5. - С. 66-72.
8. Бешенцев, В.А. Гидрогеология и техногенез природных вод Ямало-Ненецкого нефтегазодобывающего региона / В.А. Бешенцев, Ю.К. Иванов О.Г. Бешенцева // Институт геологии и геохимии. Екатеринбург. - 2005. - 150 с.
9. Биндеман, Н.Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод / Н.Н. Биндеман, Л.С. Язвин. – М.: Недра, 1970. – 216 с.
10. Баулин, В.В. Геокриологические условия Западно-Сибирской низменности / В.В. Баулин, Е.Б. Белопухова, Г.И. Дубинов и др. - М.: Наука, 1967. - 205 с.

11. Бочевер, Ф.М. Оценка сопротивления водозаборных скважин по опытным и эксплуатационным откачкам / Ф.М. Бочевер, В.С. Алексеев // Разведка и охрана недр. – 1965. - № 3. - С. 39-45.

12. Вартамян, Г.С. Изменение характеристик гидрогеодеформационного поля при проявлении интенсивных геодинамических процессов / Г.С. Вартамян, В.И. Башмаков // Сов. Геология. – 1989. - № 8. - С. 96-99.

13. Вартамян, Г.С. Гидродинамическая реакция водоносного горизонта на изменение его напряженного состояния / Г.С. Вартамян Г.С., В.И. Башмаков, В.О. Волейшо, В.Н. Прупис // Сов. Геология. – 1987. - № 7. - С. 110-115.

14. Вартамян, Г.С. О влиянии геодинамических процессов на свойства водоносных горизонтов / Г.С. Вартамян, В.И. Башмаков, А.В. Зобнин, В.Н. Прупис // Водные ресурсы. – 1986. - № 5. С. 70-74.

15. Вартамян, Г.С. О глобальном гидрогеодеформационном поле / Г.С. Вартамян, Г.В. Куликов // Сов. Геология. – 1983. - № 5. - С. 116-125.

16. Вартамян, Г.С. Явление глобально проявляющихся быстропротекающих пульсационных изменений в гидрогеосфере (гидрогеологический эффект Вартамяна - Куликова) / Г.С. Вартамян, Г.В. Куликов - Диплом на открытие № 273. – М.: Открытия в СССР, 1984. - С. 20-23.

17. Виригин, Н.Н. Инструкция по опытным откачкам / Н.Н. Виригин. – Гидропроект, 1945.

18. Волейшо, В.О. Геодинамический режим Камчатско-Курильского и Сахалинского сейсмоактивного региона по данным ГГД-мониторинга / В.О. Волейшо, Г.В. Куликов, О.Е. Круподерова // Разведка и охрана недр. - 2007.- №5. – С. 20-24.

19. Гаврилко, В.М. Фильтры водозаборных, водопонижительных и гидрогеологических скважин / В.М. Гаврилко. - М.: Изд-во литературы по строительству, 1968. - 396 с.

20. Гершанович, И.М. Способ определения гидравлических характеристик прискважной зоны / И.М. Гершанович - А.С. № 1263831, Москва, 1985.

21. Геология СССР, т. 34. Западно-Сибирская низменность, ч.2. Нефтегазоносность и гидрогеологические условия / под ред. Ф.Г. Гурари, С.В. Егорова, Н.Н. Ростовцева, А.В. Сидоренко - М.: Недра, 1964. - 276 с.
22. Гидрогеологический ежегодник за 1988 год. Тюменская область: отчет / Данкова И.М. и др. - Тюмень, ТКГРЭ, 1989.
23. Гидрогеологические исследования с целью оценки современного состояния и перспективного использования подземных вод питьевого водоснабжения Ханты-Мансийского автономного округа-Югры (1, 2 этапы): отчет о НИР / Козырев В.И., Вашурина М.В. и др. – Тюмень, ЗСФ ИНГГ СО РАН, 2013, 2014.
24. Гидро - и инженерно-геологические условия юго-запада Западно-Сибирской равнины // Кусковский В.С., Охалин С.Н., Смоленцев Ю.К. и др. – Новосибирск: Наука, 1987. - 129 с.
25. Гидрогеология СССР. Т.16. / под ред. В.А. Нуднера - М.: Недра, 1970. - 367 с.
26. Гидродинамическое обоснование рациональной схемы реконструкции II-го участка эксплуатации Велижанского водозабора: отчет о НИР / Шутов М.С., Козырев В.И. и др. - Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1992.
27. Гирицкий, Н.К. Определение коэффициента фильтрации по данным опытного водоснабжения / Н.К. Гирицкий // Разведка недр. - 1938. - № 5.
28. Государственная геологическая карта РФ. Лист О-41 (Екатеринбург), м-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. / Г.А. Петров, В.В. Стефановский В.В. и др.; гл. ред. А.В. Жданов. - ФГУП «ВСЕГЕИ», ОАО «УГСЭ», 2011.
29. Государственная геологическая карта РФ. Лист Р-41 (Ивдель), м-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. / Ю.В. Брадучан, Е.А. Лебедева, А.С. Воронин, Я.Э. Файбусович; гл. ред. Е.К. Ковригина. – ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «ЗапСибНИИГГ. 2007.
30. Государственная геологическая карта РФ, Лист Р-43 (Сургут), м-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. / А.С. Воронин, Я.Э.

Файбусович, Ю.В. Бладучан, М.А. Чуйко; гл. ред. Е.К. Ковригина. – ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГБУ «ЗапСибНИИГГ. 2010.

31. Государственная геологическая карта РФ. Лист О-43 (Тара), м-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. / Л.И. Зылева, К.В. Коркунов; ред. Я.Э. Файбусович. - ФГУП «ВСЕГЕИ», ООО «Геотэкс», 2017.

32. Государственная геологическая карта РФ. Лист О-42 (Тобольск), м-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. / Л.И. Зылева, К.В. Коркунов; гл. ред. Ю.П. Черепанов. - ФГУП «ВСЕГЕИ», ООО «Геотэкс», 2009.

33. Государственная геологическая карта РФ. Лист Р-42 (Ханты-Мансийск), м-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Р-42 (Ханты-Мансийск). / В.А. Денисов, Л.И. Зылева, Ю.П. Черепанов, К.В. Коркунов; гл. ред. Е.К. Ковригина. – ФГУП «ВСЕГЕИ», ООО «Геотэкс», 2009.

34. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М.:НИА-Природа, 2019. – 290 с.

35. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году». – М.:Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020. – 1000 с.

36. Доклад «Об экологической ситуации в ХМАО – Югре в 2012 году. – Ханты-Мансийск, 2013 г.

37. Изучить технологическое состояние водозаборных скважин и уточнить расчётные гидрогеологические параметры Велижанского и Нижнетавдинского месторождений для обоснования оптимальной схемы водозаборов (1 этап): отчет о НИР - / Козырев В.И. - Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1988.

38. Исследование земно приливных колебаний уровня подземных вод на скважине «Обнинск» / А.Л. Багмет, М.И. Багмет, В.Л. Барабанов и др. // Физика Земли. - 1989. - №11. – С. 84-95.

39. Каплан, А.Ю. Анализ результатов использования автоматизированных средств измерений при ведении мониторинга подземных вод / А.Ю. Каплан, А.Ю. Пашнин // Разведка и охрана недр. - 2007. - №7. – С. 35-38.

40. Карцев, А.А. Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов / А.А. Карцев, С.Б. Вагин, В.М. Матусевич. – М.: Недра, 1986. - 224 с.
41. Кирюхин, В.А. Региональная гидрогеология: Учебник для вузов / В.А. Кирюхин, Н.И. Толстихин. – М.: Недра, 1987. - 382 с.
42. Киссин, И.Г. Способ гидрогеологических исследований / И.Г. Киссин, В.Л. Барабанов, А.О. Гриневский - А.С. № 1021772, Москва, 1983.
43. Климентов, П.П. Динамика подземных вод: Учебник. - 2-е изд., переработанное и дополненное / П.П. Климентов, В.М. Кононов. – М.: Высшая школа, 1985. – 384 с.
44. Ковалевский, В.С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией / В.С. Ковалевский. - М.: Недра, 1986. - 200 с.
45. Козенко, Б.М. Природа колебаний уровня подземных вод / Б.М. Козенко. - Краснодар, 1989. - 67 с.
46. Козырев, В.И. Водоснабжение нефтепромыслов Западной Сибири пресными подземными водами в Среднеобском бассейне / В.И. Козырев // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2008. - № 5. - С. 4-8.
47. Козырев, В.И. Гидрогеологические исследования водозаборных скважин / В.И. Козырев // Совершенствование методов изучения и оптимальное освоение подземных флюидных систем: сборник трудов. – Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1991. - С. 78-80.
48. Козырев, В.И. Интерпретация результатов опытных откачек в полуограниченном водоносном пласте / В.И. Козырев, С.Л. Костылев, М.С. Шутов // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и её складчатого обрамления: сборник статей 5-й годичной конференции. – Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1985. - С. 239-241.
49. Козырев, В.И. Формирование гидравлических потерь на фильтрах скважин при отборе подземных вод / В.И. Козырев // Межв. сборник научных трудов. – Тюмень: ТГУ, 1990. С. - 42-48.
50. Козырев, В.И. Индикаторы неустойчивости геотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» эоцен-четвертичного гидрогеологического

комплекса Среднеобского бассейна стока / В.И. Козырев, И.И. Малахова, О.С. Летаева // Подземные воды Востока России. Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока). – Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. С. - 353-357.

51. Козырев, В.И. Особенности выполнения опытно-фильтрационных работ на участках недр, эксплуатируемых одиночными водозаборами / В.И. Козырев, В.А. Бешенцев. - DOI 10.31660/0445-0108-2021-6-46-56. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2021. - № 6. - С. 46-56.

52. Козырев, В.И. Прецизионные наблюдения в опытно-фильтрационных исследованиях / В.И. Козырев // Материалы Всесоюзного совещания по подземным водам Востока СССР. – Иркутск-Чита: ВСЕГИНГЕО, ПГО «ЧИТАГЕОЛОГИЯ», 1985. - С. 87-88.

53. Козырев, В.И. Способ определения фильтрации подземных вод / В.И. Козырев. - Удостоверение на рационализаторское предложение №21/86. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1986.

54. Козырев, В.И. Условия формирования пресных подземных вод в пределах Среднеобского бассейна стока / В.И. Козырев, И.И. Малахова, Л.В. Тимушева и др. // Материалы Десятой Международной научно-технической конференции (посвященной 60-летию Тюменского индустриального университета). Том 1 «Геология, геофизика, геотермия и геокриология. Экология, промышленная безопасность». Тюмень, ТИУ, 2016. - С. 137-139.

55. Козырев, В.И. Устройство для измерения уровня жидкости в скважинах / В.И. Козырев, А.Д. Резник - А.С. №1295233, Москва, 1986.

56. Козырев, В.И. Электроуровнемер / В.И. Козырев, А.Д. Резник. - Удостоверение на рационализаторское предложение №12/86. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1986.

57. Копылова, Г.Н. Изменения уровня воды в скважине Елизовская-1, Камчатка, вызванные сильными землетрясениями (по данным наблюдений в

1987-1988 гг.) / Г.Н. Копылова // Вулканология и сейсмология. – 2001. - №2. - С. 39-52.

58. Копылова, Г.Н. Изменения уровня воды в скважине ЮЗ-5, Камчатка, вызванные землетрясениями (по данным наблюдений в 1987-1988 гг.) / Г.Н. Копылова // Вулканология и сейсмология. – 2006. - №6. - С. 52-64.

59. Копылова, Г.Н. Отклик уровня воды в скважине ЮЗ-5, Камчатка, на Суматра-Андаманское землетрясение 26 декабря 2004 г. / Г.Н. Копылова, С.В. Болдина // Вулканология и сейсмология. – 2007. - №5. - С. 39-48.

60. Копылова, Г.Н. Эффекты влияния сейсмичности в режиме подземных вод (на примере Камчатского региона) / Г.Н. Копылова // Подземные воды Востока России. Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока). – Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. - С. 67-70.

61. Копылова, Г.Н. Статистический анализ прецизионных данных наблюдений за уровнем подземных вод в сейсмоактивном регионе (на примере скважины ЮЗ-5, Камчатка) / Г.Н. Копылова, А.А. Любушин, С.В. Болдина // Сейсмические приборы. - 2019. - Т. 55, №1. - С. 5-28.

62. Копылова, Г.Н. Особенности изменения режима источников и гидрогеологических скважин Петропавловского полигона (Камчатка) под влиянием землетрясений / Г.Н. Копылова, В.М. Сугробов, Ю.М. Хаткевич // Вулканология и сейсмология. – 1994. - №2, - С. 33-37.

63. Краткосрочные гидрогеологические эффекты как показатель геодинамической активности зоны передового Копетдагского разлома // Киссин И.Г., Беликов В.М., Ишанкулиев Г.А. / Докл. АН СССР, - 1992. - № 1. - С. 69-74.

64. Крайнов, С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец – М.: ЦентрЛитНефтегаз, 2012. – 672 с.

65. Куликов, Г.В. Прогноз землетрясений по данным мониторинга гидрогеодеформационного поля / Г.В. Куликов, А.А. Рыжов // Геодинамика и тектонофизика. - 2011. Т.2. Вып. 2. – С. 194-207.

66. Куликов, Г.В. Теоретическое исследование возможности определения гидрогеологических параметров по колебаниям уровня / Г.В. Куликов и др. // Бюл. МОИП. Отд. геол., т. 59, вып. 6.: 1984. - С. 110-119.

67. Курчиков, А.Р. Проблемы водоснабжения населения Ханты-Мансийского автономного округа питьевой водой в условиях интенсивного освоения / А.Р. Курчиков, М.В. Вашурина, В.И. Козырев. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. - №8. - С. 7-13.

68. Курчиков, А.Р. Современное состояние ресурсного потенциала пресных подземных вод Ханты-Мансийского автономного округа / А.Р. Курчиков, М.В. Вашурина, В.И. Козырев. – DOI 10.20403/2078-0575-2021-1-110-116. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2021. - №1(45). - С. 110-116.

69. Курчиков, А.Р. Анализ изменчивости параметров пласта при длительном режиме эксплуатации групповых водозаборов / А.Р. Курчиков, Н.И. Зенков // Эффективность гидрогеологических исследований при оценке природных ресурсов Тюменской области: сборник. – Тюмень, 1985. С. 34-42. (Тр. ЗапСибНИГНИ; Вып. 147).

70. Курчиков, А.Р. Изучение геотехногенной системы «водоносный пласт-скважина» с использованием прецизионных наблюдений на водозаборах Тюменской области / А.Р. Курчиков, В.И. Козырев. - DOI 10.31660/0445-0108-2020-4-8-20. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2020. - № 4. - С. 8-20.

71. Курчиков, А.Р. Изучение состояния фильтрационной среды эоцен-четвертичного гидрогеологического комплекса Западно-Сибирского мегабассейна / А.Р. Курчиков, В.И. Козырев // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2015. - №5. – С. 33-37.

72. Курчиков, А.Р. Определение потерь напора в эксплуатационных скважинах / А.Р. Курчиков, В.А. Саитов // Эффективность гидрогеологических исследований при оценке природных ресурсов Тюменской области: сборник. – Тюмень, 1985. С. 28-33. (Тр. ЗапСибНИГНИ; Вып. 147).

73. Курчиков, А.Р. Ресурсный потенциал пресных подземных вод Ханты-Мансийского автономного округа / А.Р. Курчиков, М.В. Вашурина, В.И. Козырев // Подземная гидросфера. Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XXIII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2021. - С. 68-72.

74. Локальные деформации, наклоны земной поверхности и вариации уровня грунтовых вод на Гармском полигоне в 1981-1987 гг. / И.Л. Нересов, В.П. Педерин, Л.И. Боканенко и др. / Землетрясения и процессы их подготовки: сборник научных трудов. – М. 1991. - С. 164-181. (Ин-т физ. Земли).

75. Лукнер Л. Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки / Л. Лукнер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 142 с.

76. Любушин, А.А. (мл.), Малугин В.А., Казанцева О.С. Мониторинг приливных вариаций уровня подземных вод в группе водоносных горизонтов / А.А. Любушин (мл.), В.А. Малугин, О.С. Казанцева // Физика Земли. - 1997. - №4. – С. 52-64.

77. Матусевич, В.М. Гидрогеологические бассейны Западно-Сибирской равнины / В.М. Матусевич // Материалы Международного геологического конгресса. 27 сессия, т. IX, часть 2. – М.: Наука, 1984. – С. 3-7.

78. Матусевич, В.М. Западно-Сибирский мегабассейн / В.М. Матусевич // Проблемы нефтегазопоисковой и нефтегазопромысловый гидрогеологии. Материалы научно-технического совещания по гидрогеологии и геохимии вод Сибири и Дальнего Востока. – Владивосток: Даль наука, 2003. – С. 34-42.

79. Матусевич, В.М. Геодинамика водонапорных систем Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна / В.М. Матусевич В.М, О.В. Бакуев // Сов. Геология. – 1986. - № 2. - С. 117-122.

80. Матусевич, В.М. Нефтегазовая гидрогеология. В 2 ч. Ч. II. Нефтегазовая гидрогеология Западно-Сибирского мегабассейна : учебное пособие / В.М. Матусевич, Л.А. Ковяткина. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010 - 108 с.

81. Матусевич, В.М. Геофлюидальные системы и гидрогеодеформационное поле / В.М. Матусевич, А.Д. Резник // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. - № 5. - С. 52-57.

82. Матусевич, В.М. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-сибирского мегабассейна / В.М. Матусевич, А.В. Рыльков, И.Н. Ушатинский – Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. – 225 с.

83. Матусевич, В.М. Гидрогеологические структуры Западно-Сибирской плиты / В.М. Матусевич, Ю.К. Смоленцев // Пресные и маломинерализованные подземные воды Западной Сибири: межв. сборник. – Тюмень: ТГУ, 1989. – С. 4-17.

84. Матусевич, В.М. Особенности состава и формирования геофлюидальных систем Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна / В.М. Матусевич, И.Н. Ушатинский // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1998. - № 4. - С. 28-35.

85. Методика проведения опытно-фильтрационных работ на участках действующих водозаборов посредством прецизионных гидропрослушиваний / Н.И. Зенков, В.И. Козырев, С.Л. Костылев и др. // Комплексное освоение минерально-сырьевых ресурсов Западной Сибири»: сборник. – Тюмень, 1985. – С. 76-78. – (Тр. ЗапСибНИГНИ; Вып. 197).

86. Методические аспекты прецизионного гидрогеологического мониторинга платформенных территорий (на примере геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево») / Э.М. Горбунова, А.Н. Беседина, Е.А. Виноградов и др. – Москва. 2015. – С. 348-352. – URL.: [http://emsd.ru/static/library/2017\\_conf/090.pdf](http://emsd.ru/static/library/2017_conf/090.pdf).

87. Механика насыщенных пористых сред / В.Н. Николаевский [и др.] - М.: Недра, 1970. - 335 с.

88. Методические рекомендации «Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод» / Б.В. Боровский, Л.С. Язвин, В.П. Закутин // МПР РФ, ГГНППФ «ГИДЭК». – М.: 1998.

89. Мироненко, В.А. Динамика подземных вод: учебник. – 3-е изд., стер. / В.А. Мироненко – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2001, - 519 с.

90. Мироненко, В.А. Проблемы гидрогеоэкологии: монография в 3-х томах / В.А. Мироненко, В.Г. Румынин - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1998, - 1821 с.

91. «Михнево»: от сейсмостанции № 1 до современной геофизической обсерватории / В.В. Адушкин, В.М. Овчинников, И.А. Санина, О.Ю. Резниченко // Физика Земли. - 2016. - №1. – С. 108-119.

92. Монахов, Ф.И. Новые данные о гидрогеодинамическом эффекте предшествующем землетрясениям / Ф.И. Монахов, И.Г. Киссин // Физика земли. Известия Академии наук СССР. – 1980. - № 1. - С. 105-107.

93. Мониторинг земных приливов гидрогеологическим методом в Центрально-Копетдагском сейсмоактивном районе // Аширов Т.А., Ишанкулиев Г.А. / Изв. АН ТССР. Сер. физ. техн., хим. и геол. н. – 1989. - № 5, с. 80-87.

94. Надарейшвили, А.В. Методы исследования опытных гидродинамических работ и явлений в системе пласт-скважина / А. В. Надарейшвили. – М.: Недра, 1978, 224 с.

95. О прецизионных измерениях уровня подземных вод / И.Г. Киссин, В.Л. Барабанов, А.Ю. Гриневский, В.М. Марков // Сов. Геология. – 1984. - № 2. С. - 108-115.

96. Обосновать оптимальный дебит скважин и схемы их размещения по участкам эксплуатации Велижанского и Нижнетавдинского месторождений, исходя из утвержденных запасов 146 тыс. м<sup>3</sup>/сут.: отчет о НИР / Шутов М.С., Козырев В.И. и др. - Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1989.

97. Основы гидрогеологических расчетов / Ф.М. Бочеввер [и др.]. – М.: Недра, 1965. – 308 с.

98. Особенности гидрогеологических исследований при оценке эксплуатационных запасов пресных подземных вод на участках недр, эксплуатируемых одиночными водозаборами (месторождения нефти Широного

приобья) / В.И. Козырев, Л.В. Тимушева, И.А. Дружинин и др. // Подземные воды Востока России. Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока). – Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. - С. 238-241.

99. Опыт регистрации вариаций уровня и физико-химических параметров подземных вод в пьезометрических скважинах, вызванных сильными землетрясениями (на примере Камчатки) / Г.Н. Копылова, С.В. Болдина, А.А. Смирнов и др. // Сейсмические приборы. - 2016. - Т.52 №4. – С. 61-74.

100. О результатах разведки подземных вод на эксплуатационных участках 1,2,3,4 Велижанского месторождения для водоснабжения г. Тюмени за 1969-1971г.г. с подсчётом эксплуатационных запасов по состоянию изученности на 11.10.70.г.: отчёт южной гидрогеологической партии / Балабанов А.П., Пилипчий Н.С., Арефьева Г.А., и др. - Тюмень, ТКГРЭ, 1971.

101. О результатах разведки подземных вод на Тавдинской площади Велижанского месторождения для водоснабжения г. Тюмени (2-я очередь) за 1971-73г.г. с подсчётом эксплуатационных запасов по состоянию изученности на 1.09.73 г.: отчет / Балабанов Г.А. и др. - Тюмень, ТКГРЭ, 1973.

102. Оценить потенциальные возможности водоотбора существующими скважинами и обосновать первоочередные мероприятия по реконструкции Велижанского и Нижнетавдинского водозаборов: отчет о НИР / Шутов М.С., Козырев В.И. и др. - Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1990.

103. Оценка основных гидрогеологических параметров при нестационарном режиме фильтрации / Зенков, В.И. Козырев, С.Л. Костылев и др. // Комплексное освоение минерально-сырьевых ресурсов Западной Сибири»: сборник. – Тюмень, 1985. – С. 79-81. – (Тр. ЗапСибНИГНИ; Вып. 197).

104. Пинчук, А.П. Об учёте влияния атмосферного давления, поверхностных вод и приливных явлений на режим подземных вод / А.П. Пинчук, И.Н. Журавель, Н.М. Васылева // Формирование подземных вод под влиянием антропогенных факторов. АН БССР. – Минск: Ин-т геохимии и геофизики, 1990. - С. 133-137.

105. Пинчук, А.П. О влиянии изменения атмосферного давления и силы тяжести на уровни подземных вод / А.П. Пинчук, И.Н. Журавль // Геология и география. – Минск. - 1986. - № 8 - С. 53-57.

106. Плотников, Н.И. Техногенные изменения гидрогеологических условий / Н.И. Плотников. – М.: Недра, 1989. – 268 с.

107. Плотников, Н.И. Эксплуатационная разведка подземных вод / Н.И. Плотников. – М.: Недра, 1973. – 296 с.

108. Резник, А.Д. Эксплуатационные запасы пресных подземных вод Тура-Тавдинского междуречья (Нижне-Тавдинский район) / А.Д. Резник, В.И. Козырев, Ю.К. Смоленцев // Проблемы нефтегазовой гидрогеологии и инженерной геологии Западной Сибири: Межв. сборник научных трудов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1994. - С. 89-97.

109. Рекомендации по определению фильтрационных параметров горных пород и грунтов методом экспресс-налива в несовершенные скважины. - М.: ВНИИВОДГЕО, 1979. - 32 с.

110. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», - Постановление Главного Государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2.

111. Синдаловский, Л.Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований / Л.Н. Синдаловский. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2006. - 796 с.

112. Смоленцев Ю.К. Пресные подземные воды Западно-Сибирского мегабассейна. Автореф. Дисс. ... доктора геол.-минер. наук. – Иркутск, 1995. – 30 с.

113. Тагильцев, С.Н. Особенности проведения и интерпретации фильтрационных опробований при гидрогеологических исследованиях на месторождениях твердых полезных ископаемых / С.Н. Тагильцев, В.С. Тагильцев, - DOI 10.21440/0536-1028-2018-5-49-54. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. - № 5. - С. 49-54.

114. Тагильцев, С.Н. Оценка степени гидродинамического несовершенства разведочных и эксплуатационных скважин / С.Н. Тагильцев, В.С. Тагильцев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. - № 5. - С. 49-54.

115. Федеральная целевая программа «Чистая вода» на 2011-2017 годы (утверждена постановлением Правительства РФ от 22.12.2010 г. № 1092).

116. Усовершенствовать методику оценки запасов и охраны подземных пресных вод в условиях Западно-Сибирской равнины (в двух частях). Часть 1. «Совершенствование методики оценки запасов подземных вод»: отчет о НИР / Зенков Н.И., и др. - Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1984.

117. Хантуш, М.С. Анализ данных опытных откачек из скважин в водоносных горизонтах с перетеканием / М.С. Хантуш // Вопросы гидрогеологических расчетов: сборник статей. – М.: Мир, 1964. – С. 27-42.

118. Харыбин, В.А. Совершенствование метода определения гидрогеологических параметров при мгновенном изменении напора в опытной скважине / В.А. Харыбин // Материалы областной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. - Тюмень, 1988. - С. 61-62.

119. Чарный, И.А. Подземная гидрогазодинамика / И.А. Чарный. – М.: Гостоптехиздат, 1963. - 396 с.

120. Шалина, Т.Е. Особенности развития гидрогеодеформационного поля Карпатско-Кавказского пояса в период Врангского и Ахалкалакского землетрясений (1986 г.) / Т.Е. Шалина // Методы региональных гидрогеологических исследований. - М.: 1990. - С. 161-169.

121. Шестаков, В.М. Динамика подземных вод / В.М. Шестаков. - М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1979. - 368 с.

122. Экогеология России. / ред. Г.С. Вартамян. – М.: Геоинформмак, 2000. – 300 с.

123. A closed form slug test theory for high permeability aquifers. - /Ostendorf, D. W., D. J. DeGroot, P. J. Dunaj, and J. Jakubowski./ - Ground Water. 2005, 43, №1 pp. 87–101.

124. A program to calculate hydraulic conductivity using slug test data. - /Wylie Allan, Wood Thomas R./ - Ground Water. 1990, 28, № 5, pp. 783-786.
125. A simple pneumatic device and technique for performing rising water level slug tests. - /Leap Darrell I./ - Ground Water Monit.Rev., 1985, 4, № 4, pp. 141-146.
126. An analysis of earth-tide-induced groundwater flow in eastern Botswana. - /Gieske A., Vries J.J.de./ - J.Hydrol, 1985, 82, № 3-4, pp. 211-232.
127. An improved method for slug tests in small-diameter piezometers. - /Patterson R.J., Devlin J.F./ - Ground Water, 1985, 23, № 6, pp. 804-805.
128. Application of slug tests to water resource investigations. - /Alexander J., Sims P.C., Ternan J.L./ - IAHS Publ, 1985, № 154, Pt 4, 243.
129. Butler, J. J., Jr. Slug tests in wells screened across the water table: Some additional considerations. /- Ground Water. 2014. 52, № 2, pp. 311–316.
130. Cooper H.H., Bredehoeft J.D., Papadopoulos I.S. Respons of Finite Diameter Well to an Instantaneous Charge of water. /- Water Resources Research, 1967, vol. 3, № 1, First Quarter. pp. 263-269.
131. Field evaluation of the hydromechanical behavior of flat-lying fractures during slug tests. - /Svenson, E., T. Schweisinger, and L. C. Murdoch./ - J. Hydrol. 2008. №359, pp. 30–45.
132. Ground water level and fluctuation. - /Ronai A./ - «Pollut. and Water Resour. Columbia Univ. Semin. Ser.Vol. 13. Pt 3.» New Yorke, a., 1981, pp. 1-20.
133. Hydrogeological and gaseous precursors of earthquakes. - /Teisseyre Krzysztof./-Prz.geofiz. 1989, 34, № 3, pp. 285-294.
134. In situ parameters from the earth tidal and barometric responses in the borehole at the royal observatory of Belgium. The effect on gravity of the water-levels variations.-/Delcourt-Honorez Micheline./-Prof.Pap.Serv.Geol.Beig., 1990, № 244, pp. 1-110.
135. Insights from unsteady flow analysis of underdamped slug tests in fractured rock. - /Quinn, P., H. Klammler, J. A. Cherry, and B. L. Parker./ - Water Resour. Res. 2018, 54, №8, pp. 5825–5840.

136. Investigation of fissured groundwater systems using slug tests and sinusoidal tests. - /Black I.H., Barker I.A., Holmes D.C./ - Proc. and Inf.Comm.Hydrol.Res. TNO, 1983, № 31, pp. 415-424, 675.

137. Les marées océaniques: influence sur les fluctuations piézométriques d'une nappe aquifère. - /Pouilhe Jean./ - Bull.Cent. géomorphol. CNRS, Caen. 1989, № 36, pp. 113-116.

138. McElwee, C. D. 2002. Improving the analysis of slug tests./ J. Hydrol. 2002. № 269, pp. 122–133.

139. Modeling cross-hole slug tests in an unconfined aquifer. - /Malama, B., K. L. Kuhlman, R. Brauchler, and P. Bayer./ - J. Hydrol. 2016. № 540, pp. 784–796.

140. Modeling slug tests in unconfined aquifers taking into account water table kinematics, wellbore skin, and inertial effects. - /Malama, B., K. L. Kuhlman, W. Barrash, M. Cardiff, and M. Thoma./ J. Hydrol. 2011. № 408, pp. 113–126.

141. Nomograms for the analysis of recovery tests on large diameter wells. - /Barker I.A., Herbert R./ - Quart. T. Eng. Geol. 1989, 22, № 2, pp. 151-158.

142. Papadopoulos I.S., Bredehoeft J.D., Cooper H.H. On the analysis of «slug test» data. - /Water Resources Research, 1973, 9, № 4, pp. 1087-1089.

143. Paradis, D., and R. Lefebvre. Single-well interference slug tests to assess the vertical hydraulic conductivity of unconsolidated aquifers./ J. Hydrol. 2013. № 478, pp. 102–118.

144. Permeability properties of particular self-similar porous media under harmonic conditions and comparison with Biot's theory. - /Gilbert Francois J./ - Key Quest. Rock Mech: Proc.29 th U.S. Symp., Minneapolis, 13-15 June, 1988, Rotterdam, Brookfield, 1988, pp. 487-494.

145. Pre-seismic responses of underground water level and temperature concerning a 4.8 magnitude earthquake in Greece on October 20, 1988. - /Asteriadis G., Liviratos E./ - Tectonophysics, 1989, 170, № 1-2, pp. 165-169.

146. Slug test analysis. - /Sageev Abraham./ - Water Resour.Res, 1986, 22, № 8, pp. 1323-1333.

147. Slug tests with storage due to entrapped air. - /Keller C.Kent, Van der Kamp G./ - Ground water, 1992, 30, № 1, pp. 2-7.

148. Stephenson, K. M., and K. S. Novakowski. The analysis of pulse interference tests conducted in a fractured rock aquifer bounded by a constant free surface./ J. Hydrol. 2006. №319, pp. 109–122.

149. The Borah Peak, Idaho Earthquake of October 28, 1983 - Hydrologic effects.-/Wood Spencer H., Wurts Caroline, Lane Ted, Ballenger Nick, Mary Shlen, Totorica Dolores./ - «Earthquake Spectra», 1985, 2, № 1, pp. 127-150.

150. Tranziens nyomasvaltozasok hatasa retegvizkutak uzemeltetesere.- /Nagyistok Ferenc./ - Hidrolkozl. 1988, 68, № 3, c.166-172.

151. Underdamped slug tests with unsaturated-saturated flows by considering effects of wellbore skins. - /Liang, X., H. Zhan, Y.-K. Zhang, and J. Liu./ - Hydrol. Processes. 2018. № 32, pp. 968–980.

152. Wang Futian. - /Дичжэнь яньцзю, J.Seismol.Res., 1984, 7, № 4, 457-462.

## СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1.1. Схематический гидрогеологический разрез .....	15
Рисунок 1.2. Схематическая гипсометрическая карта (составили Н.А. Мошкина и А.Н. Храмцова).....	20
Рисунок 1.3. Сопоставление границ бассейнов стока подземных вод кайнозойско-меловой геогидродинамической грунтово-водонапорной системы (по Ю.К. Смоленцеву, 1965) и новейших структурных элементов Западно-Сибирской плиты (по И.П. Варламову, 1969), с дополнениями (1984, [77]).....	21
Рисунок 1.4. Гидрогеологическая карта района работ. Масштаб 1:2000000.	22
Рисунок 2.1. Прецизионный уровнемер .....	34
Рисунок 3.1. Схематический гидрогеологический разрез центральной части Среднеобского бассейна стока на примере Нефтеюганского МППВ .....	41
Рисунок 3.2. Схематический гидрогеологический разрез Тюменской группы месторождений на примере Восточно-Тараскульского МППВ.....	42
Рисунок 3.3. Схема экспресс-исследований.....	46
Рисунок 3.4 Кривая изменения уровня в скважине 25 (II) Велижанского водозабора: 1 – фактическая кривая, 2 – модельная кривая.....	48
Рисунок А.3.5. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 1 участке Велижанского водозабора.....	115
Рисунок А.3.6. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 1 и 3 участках Велижанского водозабора.....	116
Рисунок А.3.7. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 2 участке Велижанского	

водозабора	117
Рисунок А.3.8. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 2 участке Велижанского водозабора.....)	118
Рисунок А.3.9. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 2 и 3 участках Велижанского водозабора.....)	119
Рисунок А.3.10. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 2 участке Велижанского водозабора.....)	120
Рисунок А.3.11. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 2 и 3 участках Велижанского водозабора.....)	121
Рисунок А.3.12. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 3 участке Велижанского водозабора.....)	122
Рисунок А.3.13. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на 4 участке Велижанского водозабора.....)	123
Рисунок А.3.14. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на водозаборе с.п. Лемпино)...	124
Рисунок А.3.15. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на одиночных водозаборах)...	125
Рисунок А.3.16. Графики зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на одиночных водозаборах)...	126
Рисунок А.3.17. График зависимости $Vt$ от $t$ . (Опытные данные получены при выполнении исследований на одиночном водозаборе Рославльского месторождения нефти).....)	127
Рисунок 3.18. Кронштейн для крепления столика с нониусной шкалой.....)	52

Рисунок 3.19. Измерительный прибор для регистрации изменений уровня воды.....	52
Рисунок 3.20. Прибор для возмущения напора в системе водоносный пласт-скважина.....	53
Рисунок 3.21. Алгоритм определения экстремальной опорной точки.....	55
Рисунок 3.22. Расчет коэффициента водопроводимости и дополнительного сопротивления методом экстремальных точек.....	56
Рисунок 4.1. Обзорная карта района работ.....	62
Рисунок В.4.2. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах скважин 4(II) и 14(II).....	133
Рисунок В.4.3. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах скважин 12(II) и 15(II).....	134
Рисунок В.4.4. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах скважин 13(II) и 27(II).....	135
Рисунок В.4.5. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах скважин 8(III) и 11(III).....	136
Рисунок В.4.6. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтре скважины 19(III).....	137
Рисунок В.4.7. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтре скважины 32(III).....	137
Рисунок В.4.8. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтре скважины 5(IV).....	137
Рисунок 4.9. Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин 1 участка Велижанского водозабора г. Тюмени (Западно-Карагандинское месторождение пресных подземных вод (МППВ)).....	65
Рисунок 4.10. Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин 2 участка Велижанского водозабора г. Тюмени (Восточно-Карагандинское МППВ).....	65

Рисунок 4.11. Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин 3 участка Велижанского водозабора г. Тюмени (Северо-Карагандинское МППВ).....	66
Рисунок 4.12. Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин 4 участка (Нижнетавдинское МППВ).....	66
Рисунок 4.13. Изменение гидравлических потерь на фильтрах скважин одиночных водозаборов.....	67
Рисунок 4.14. График связи фактической площади фильтра от времени наступления первой экстремально опорной точки (Э.О.Т.)....	71
Рисунок 4.15. График связи фактической площади фильтра от параметра $V_T$ .....	71
Рисунок 4.16. Обзорная карта площади исследования.....	76
Рисунок 4.17. Схематический гидрогеологический разрез Холмогорского МППВ.....	81
Рисунок 4.18. Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Ишимское МППВ)....	83
Рисунок 4.19. Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Восточно-Тараскульское МППВ).....	83
Рисунок 4.20. Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Холмогорское МППВ)	84
Рисунок 4.21. Графики обработки откачек по модели с перетеканием (графоаналитический метод Хантуша, Нефтеюганское МППВ).....	84

## СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица Б.4.1. Результаты гидрогеологических исследований.....	128
Таблица 4.2. Изменение величины гидравлических потерь в зависимости от вариаций водопроницаемости.....	63
Таблица 4.3. Результаты определения гидравлических потерь с 1977 г. по 1992 г.	64
Таблица 4.4. Зависимость пескования скважин от типа фильтра.....	67
Таблица 4.5. Систематизация эксплуатационных скважин Тюменской группы месторождений по степени надежности их работы.....	72
Таблица 4.6. Результаты определения коэффициента водопроницаемости пласта по опытным данным, полученным в наблюдательных скважинах при производстве кустовых откачек.....	77
Таблица 4.7. Результаты определения коэффициента водопроницаемости пласта по опытным данным одиночных откачек.....	78
Таблица 4.8. Краткая характеристика рассматриваемых водных объектов...	80
Таблица 4.9. Исходные данные для определения параметров.....	82
Таблица 4.10. Результаты определения параметров по рассматриваемым месторождениям.....	85

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

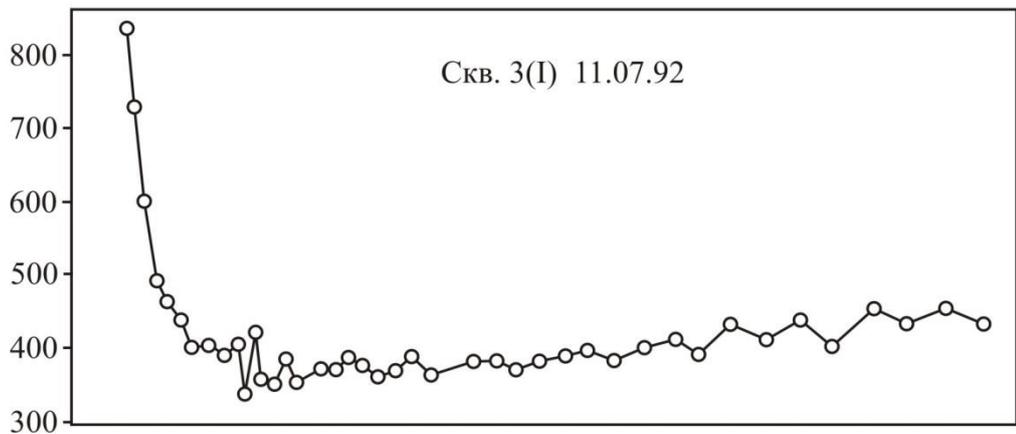
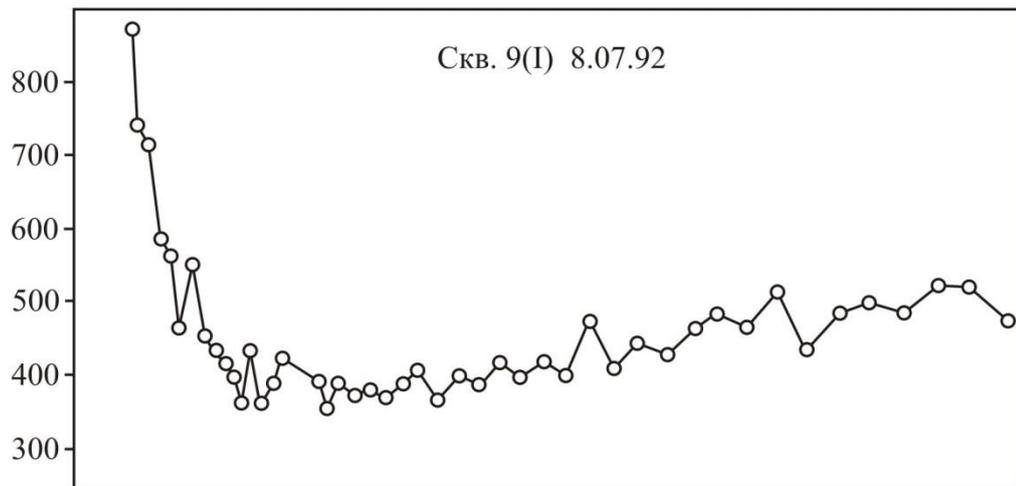
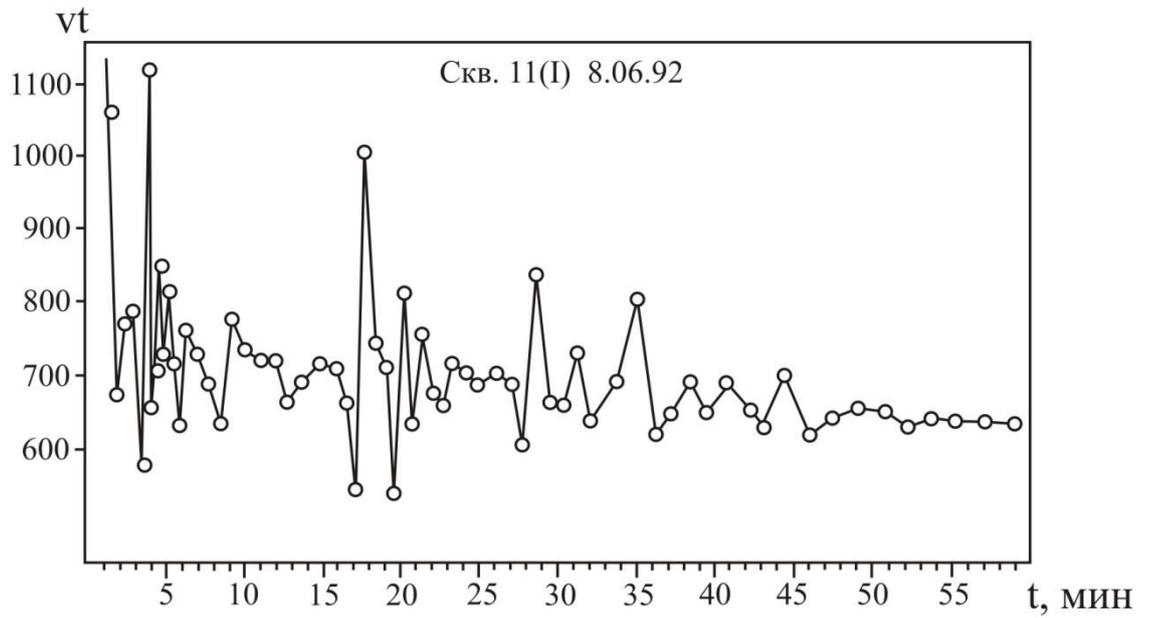


Рисунок 3.5 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 1 участке  
 Велижанского водозабора)

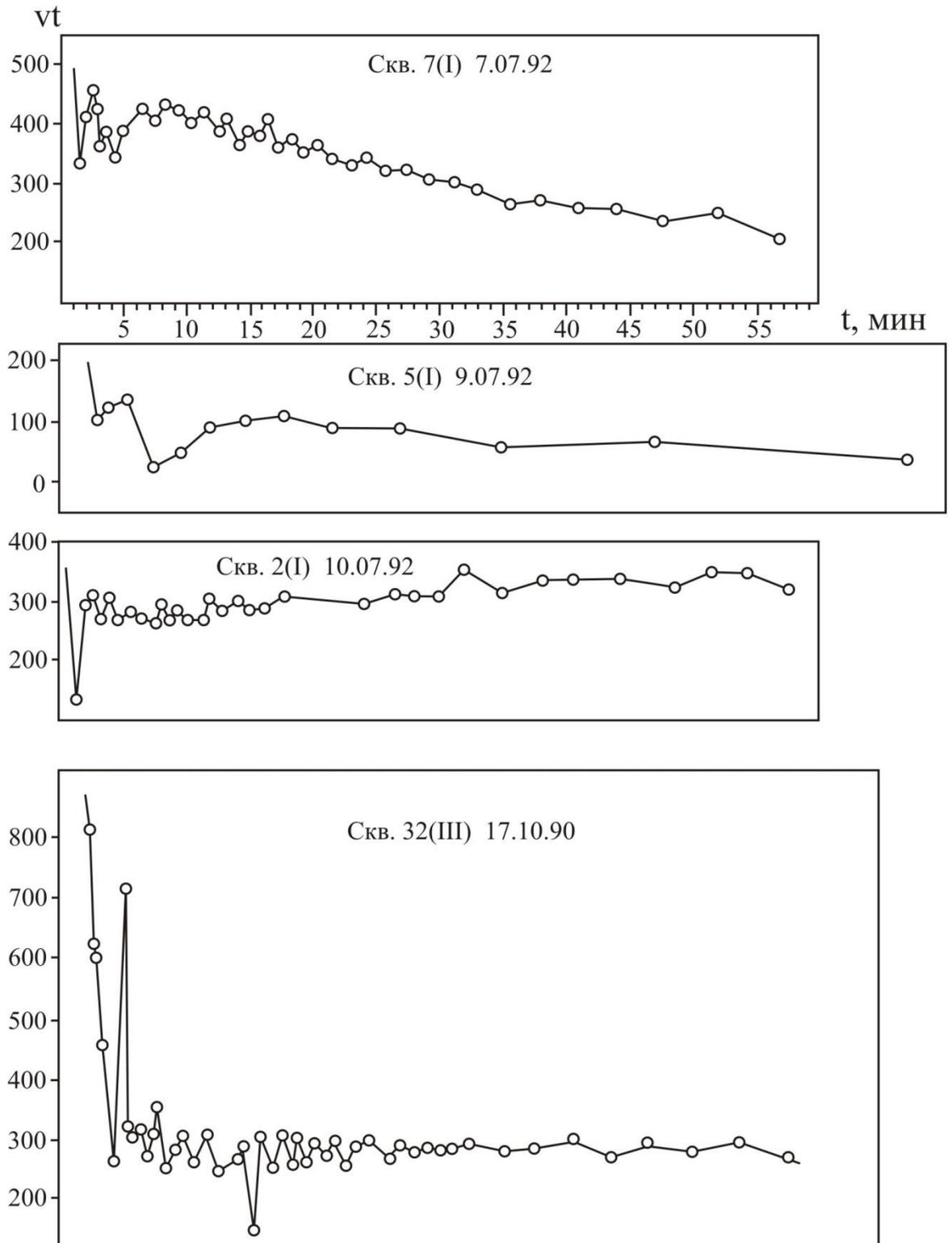


Рисунок 3.6 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 1 и 3 участках Велижанского водозабора)

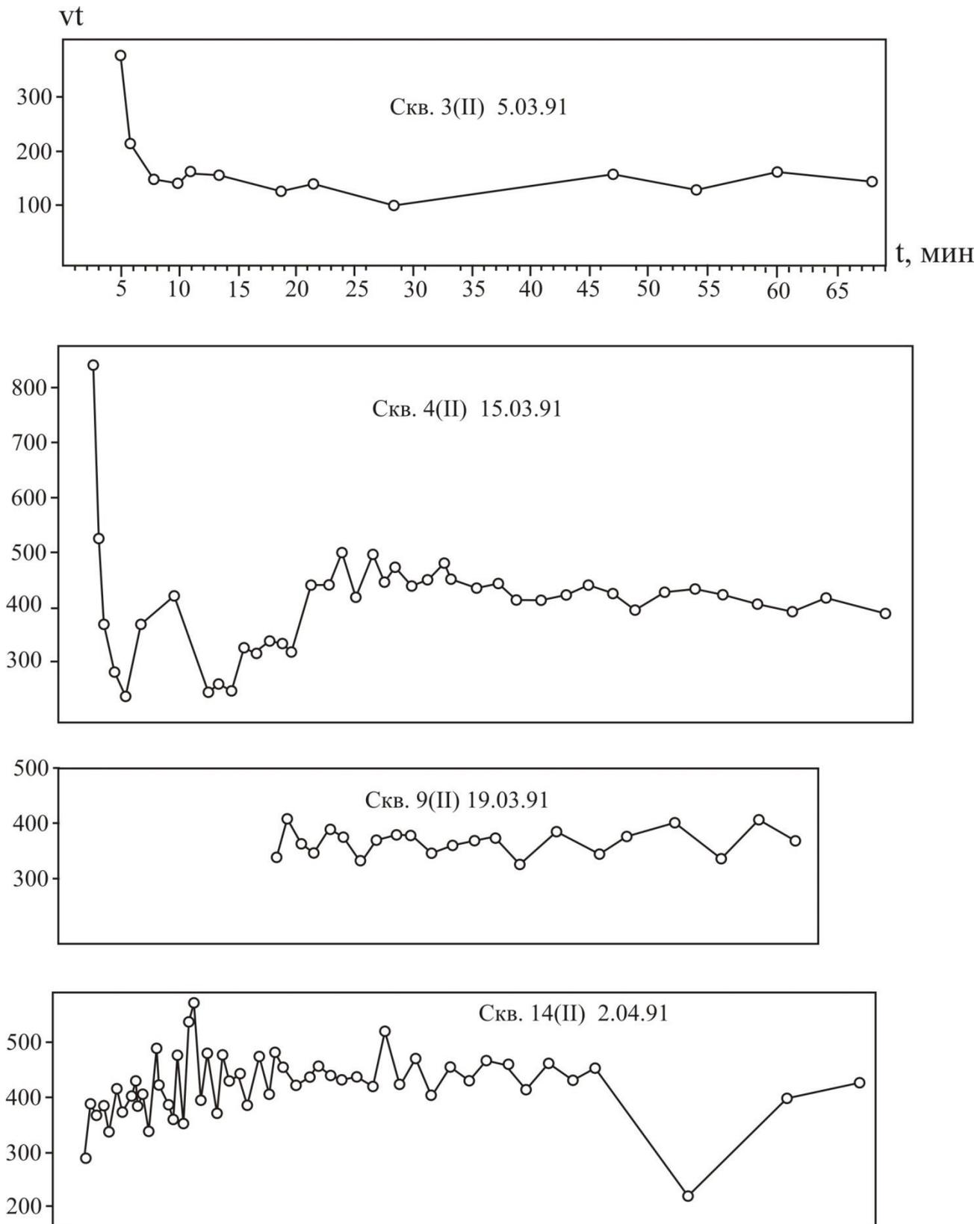


Рисунок 3.7 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 2 участке  
 Велижанского водозабора)

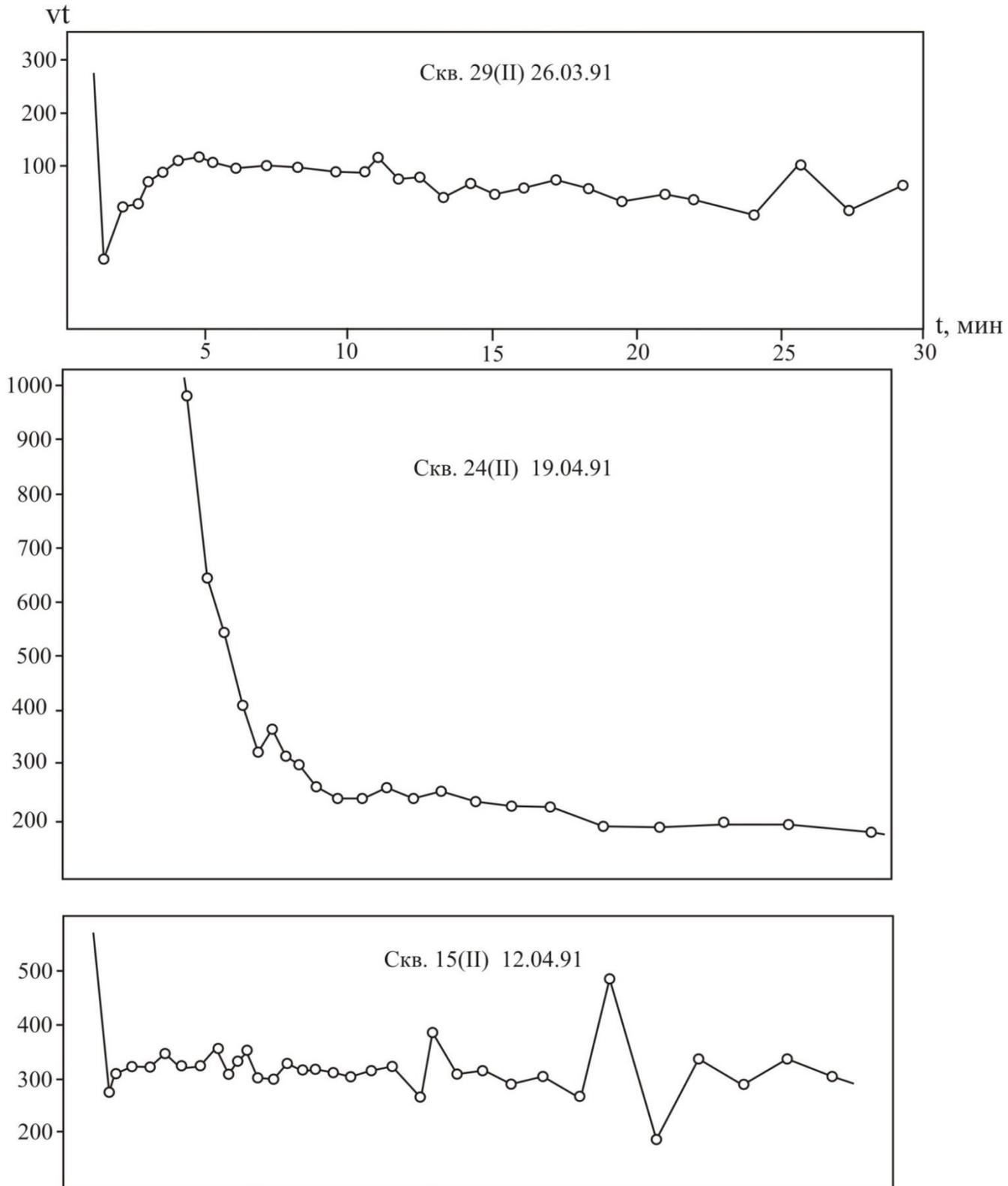


Рисунок 3.8 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 2 участке  
 Велижанского водозабора)

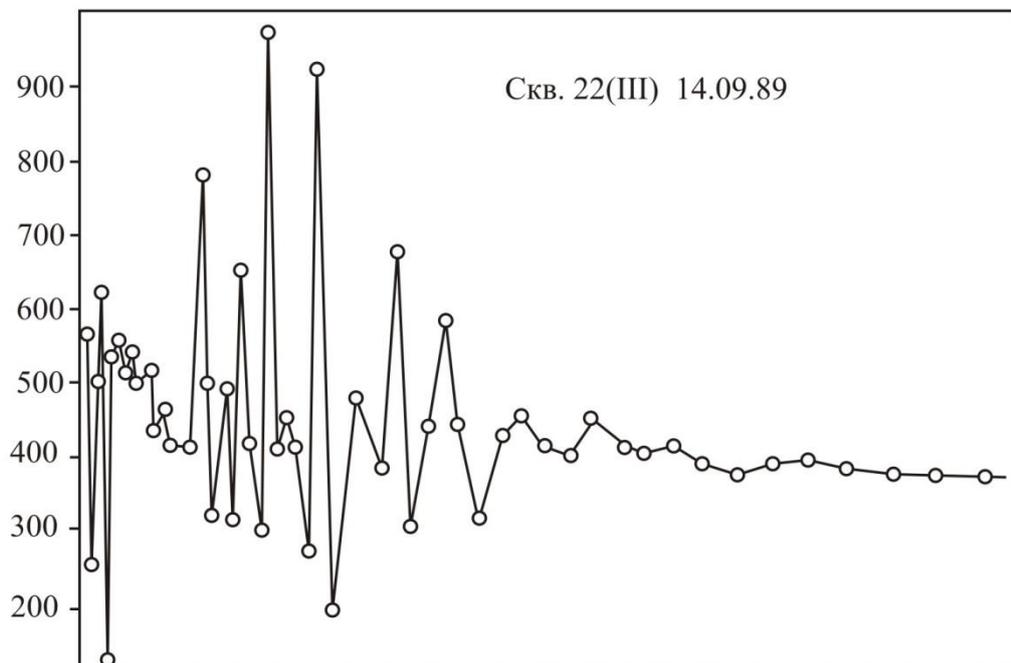
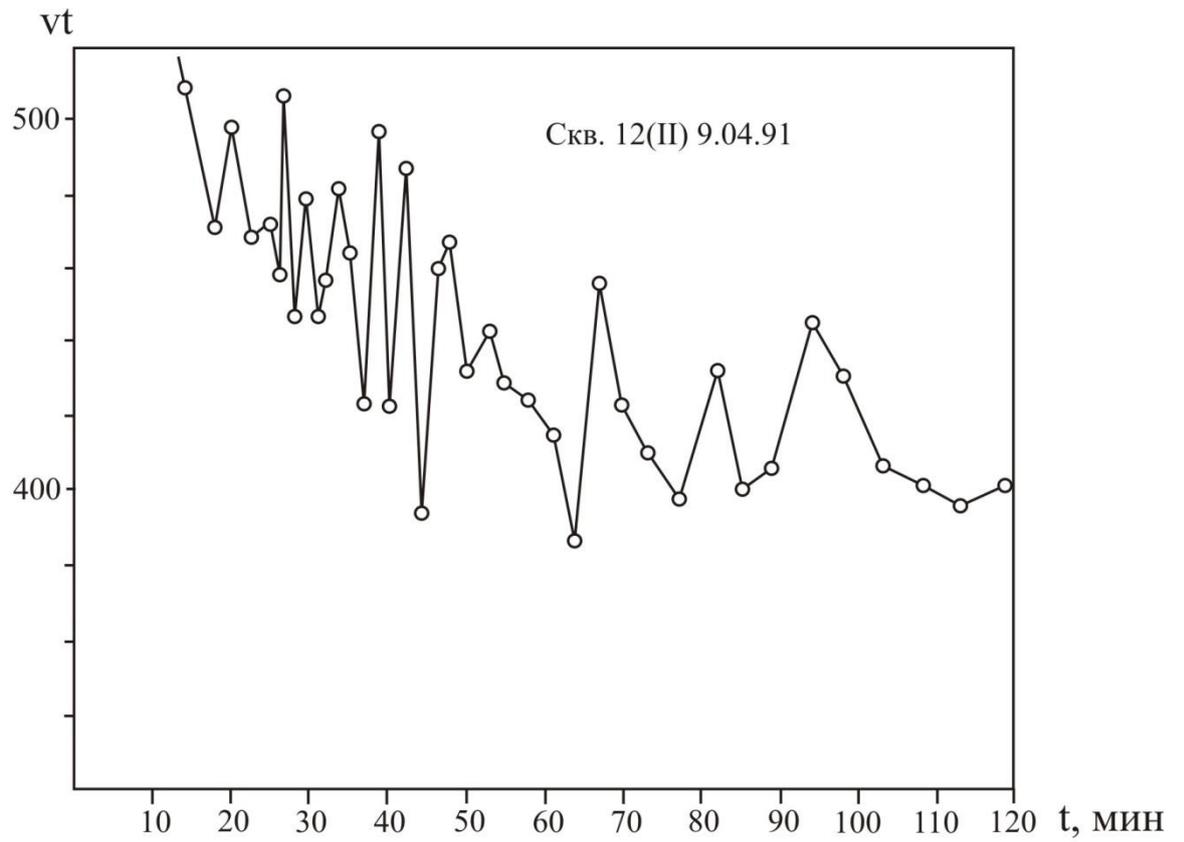


Рисунок 3.9 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 2 и 3  
 участках Велижанского водозабора)

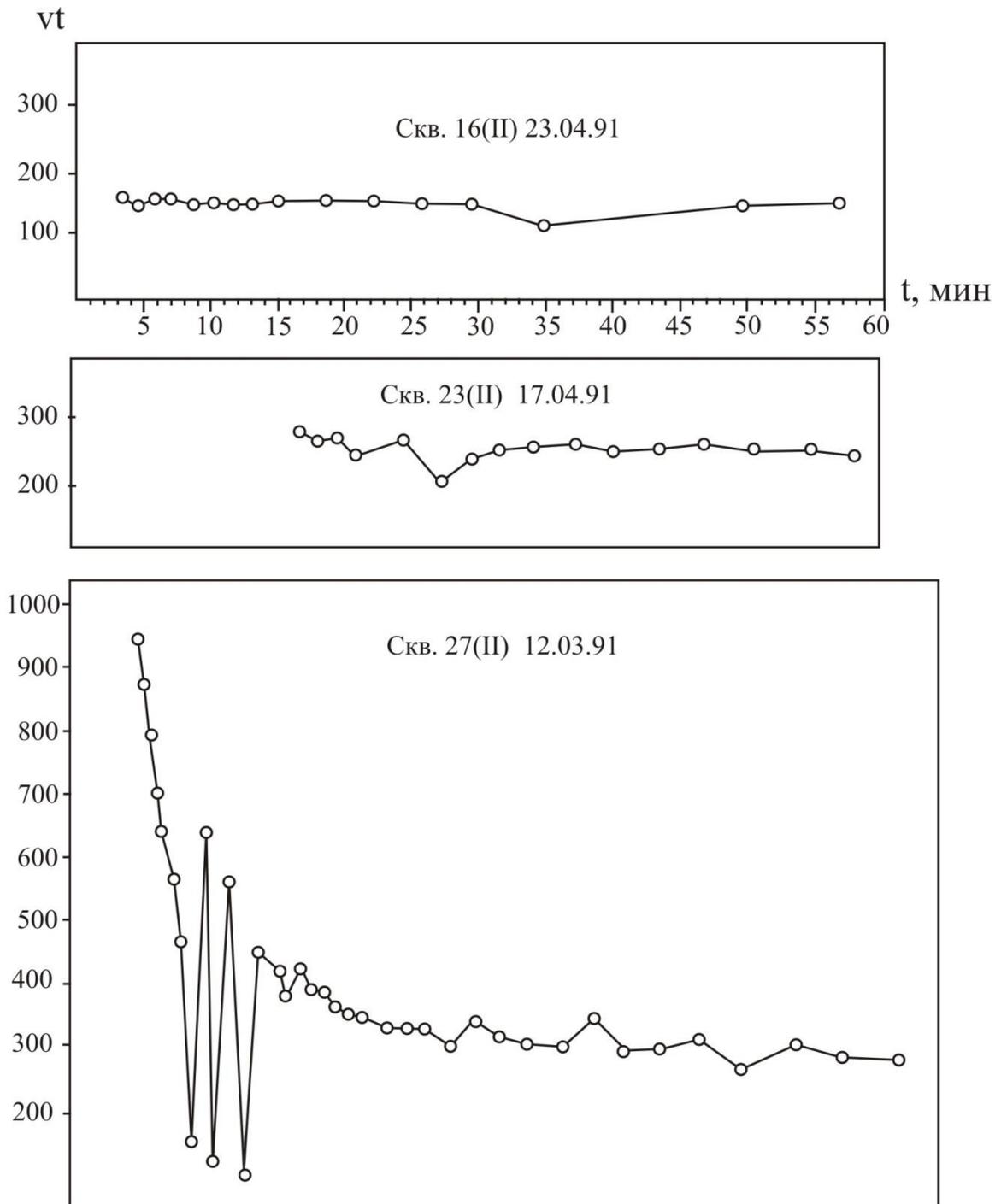


Рисунок 3.10 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 2 участке  
 Велижанского водозабора)

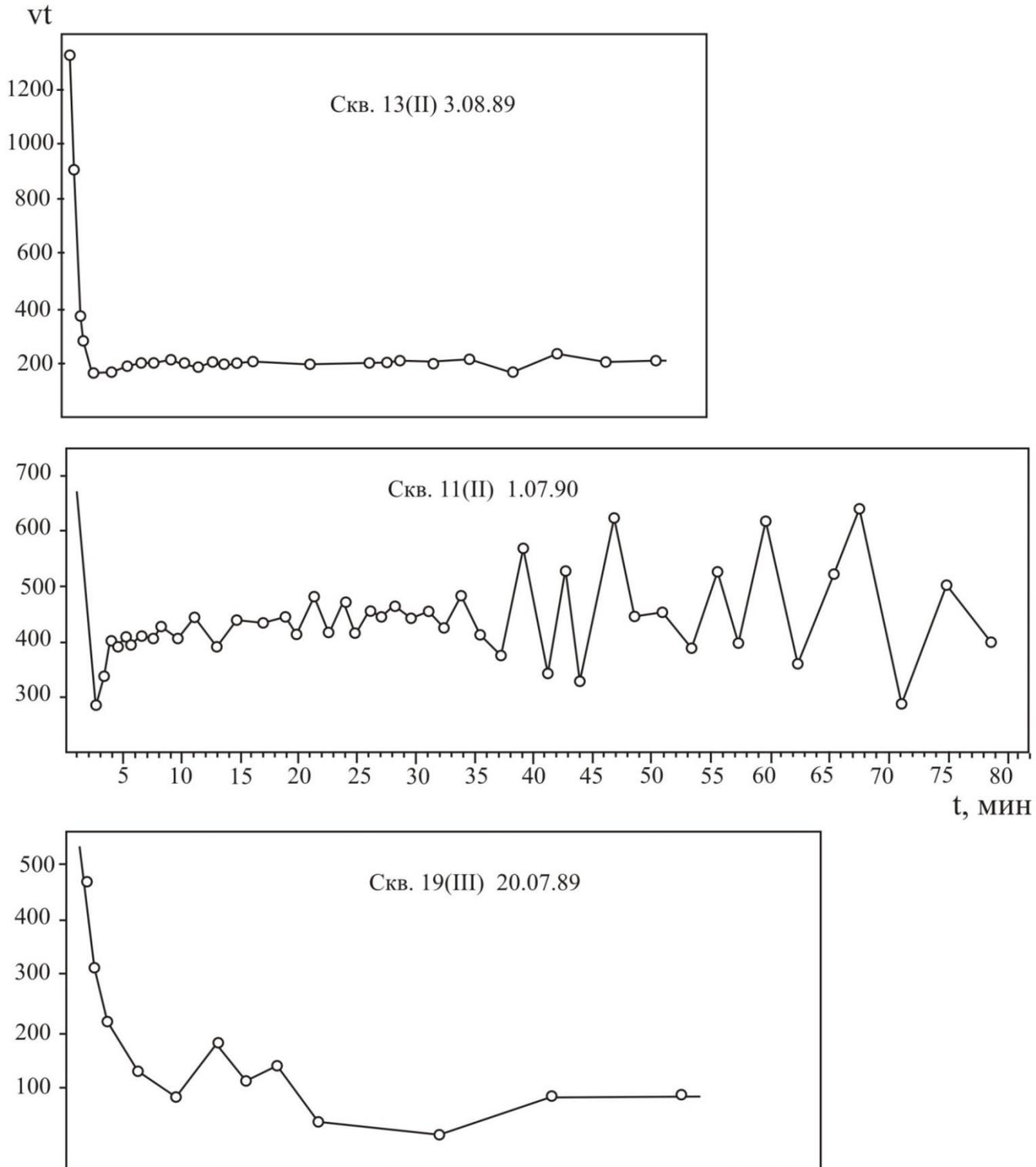


Рисунок 3.11 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
(Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 2 и 3  
участках Велижанского водозабора)

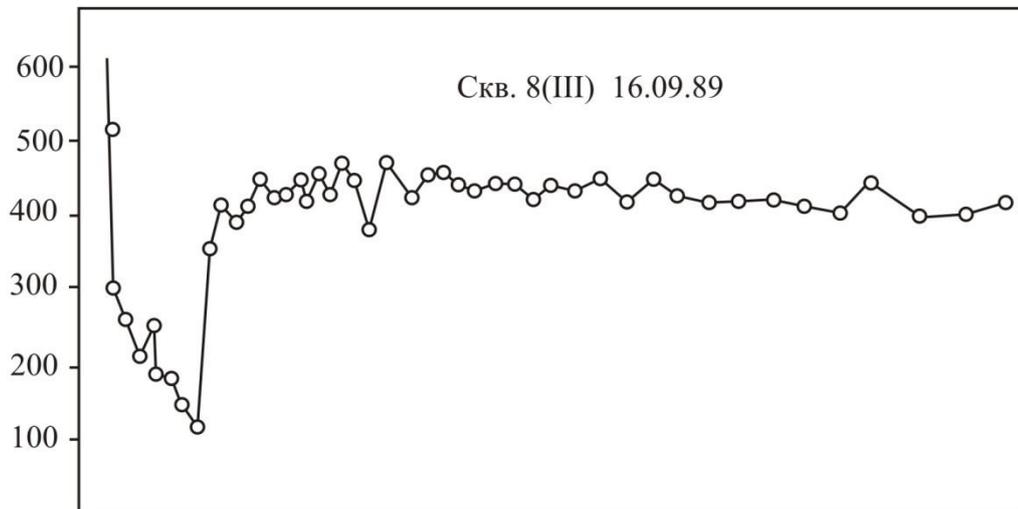
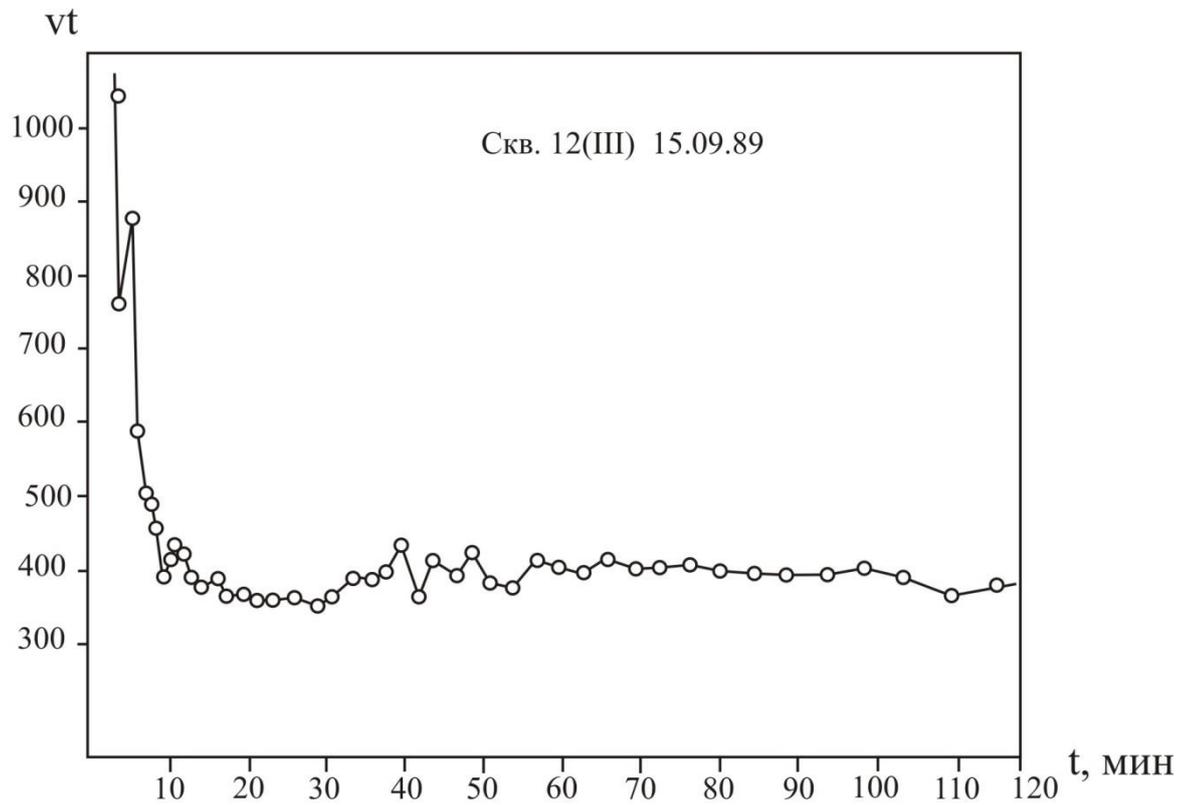


Рисунок 3.12 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 3 участке  
 Велижанского водозабора)

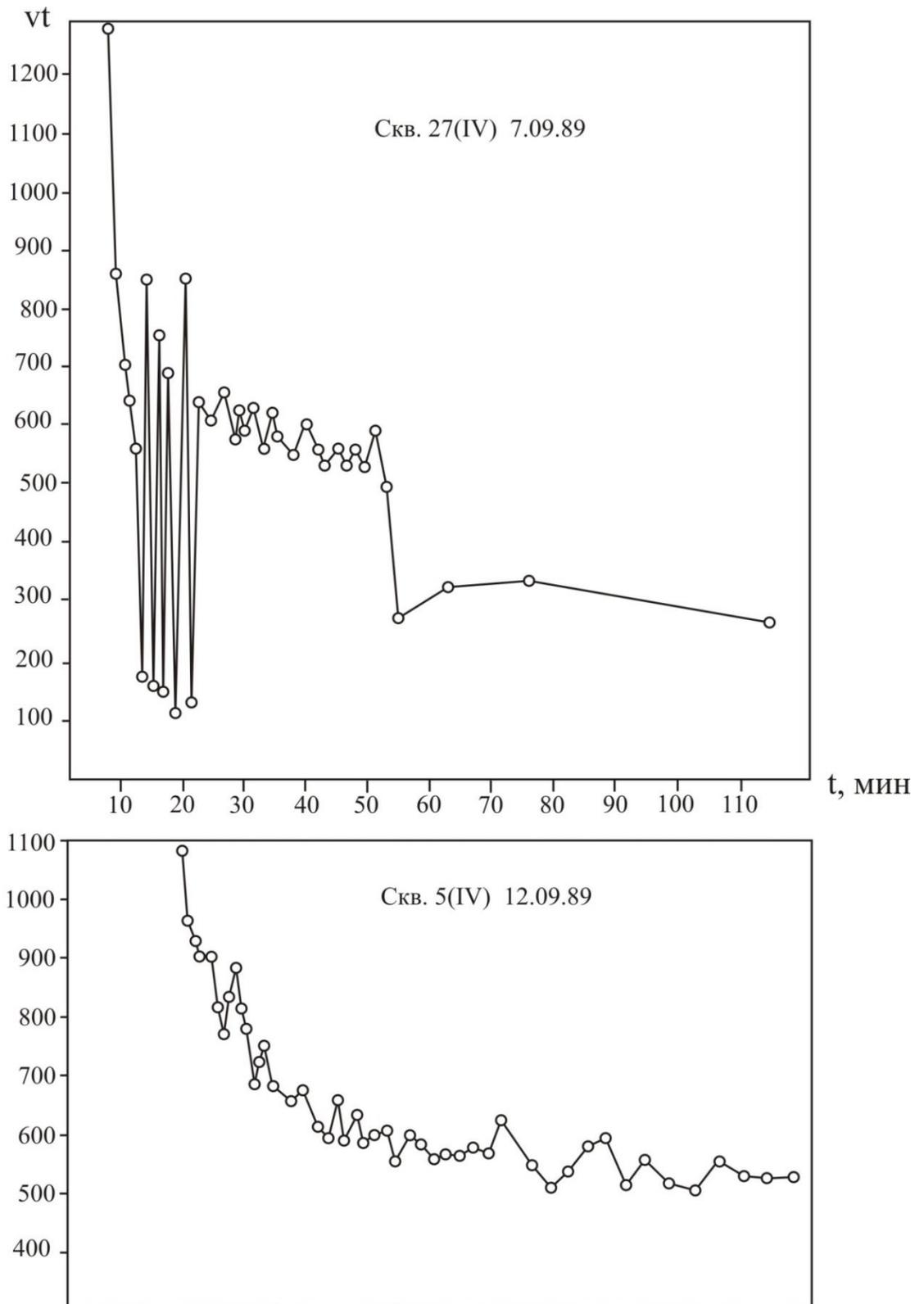


Рисунок 3.13 - Графики зависимости  $V \cdot t$  от  $t$   
 (Опытные данные, полученные при выполнении исследований на 4 участке  
 Велижанского водозабора)

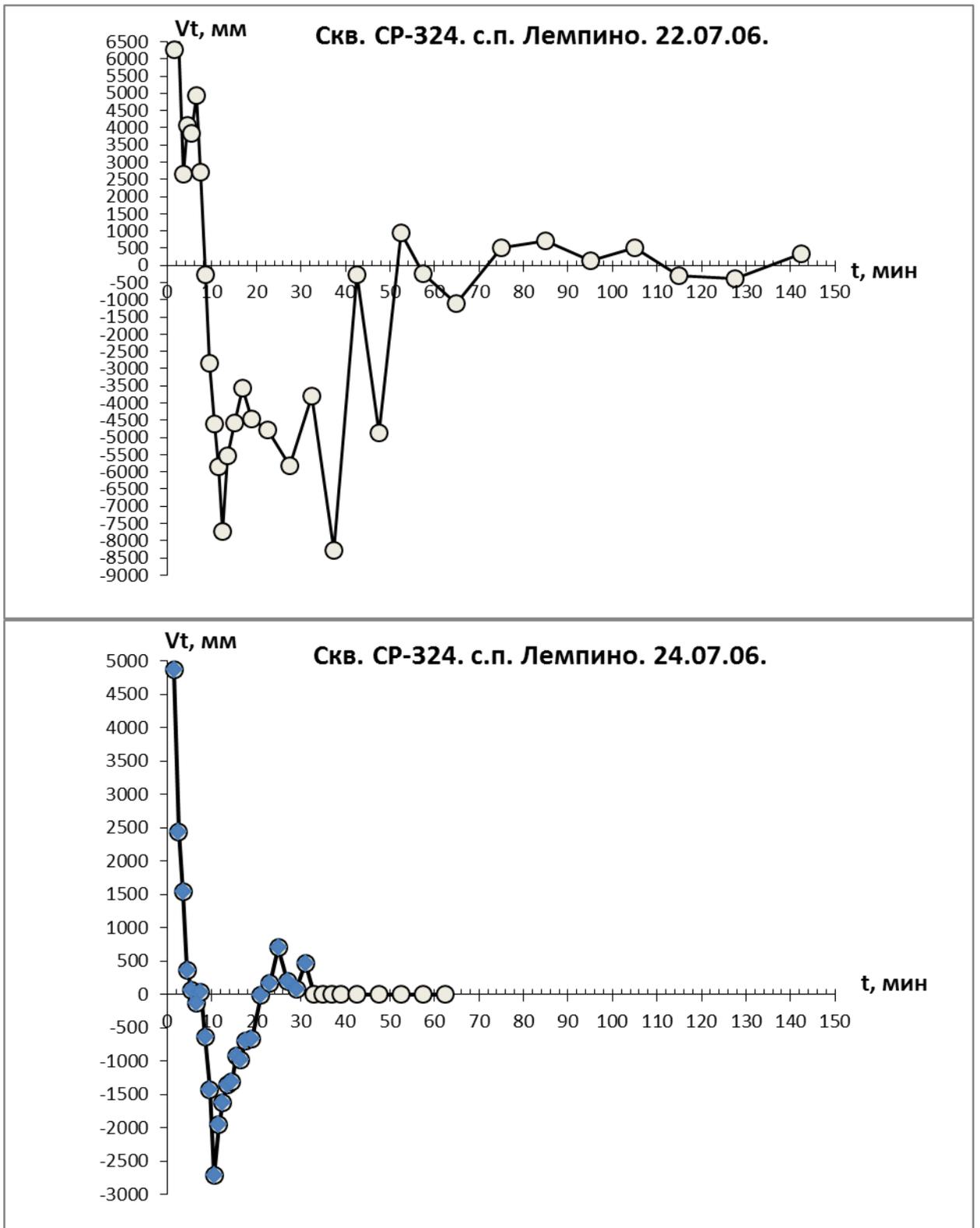


Рисунок 3. 14 - Графики зависимости  $V_t$  от  $t$ .  
 (Опытные данные получены при выполнении исследований на водозаборе  
 с.п. Лемпино)

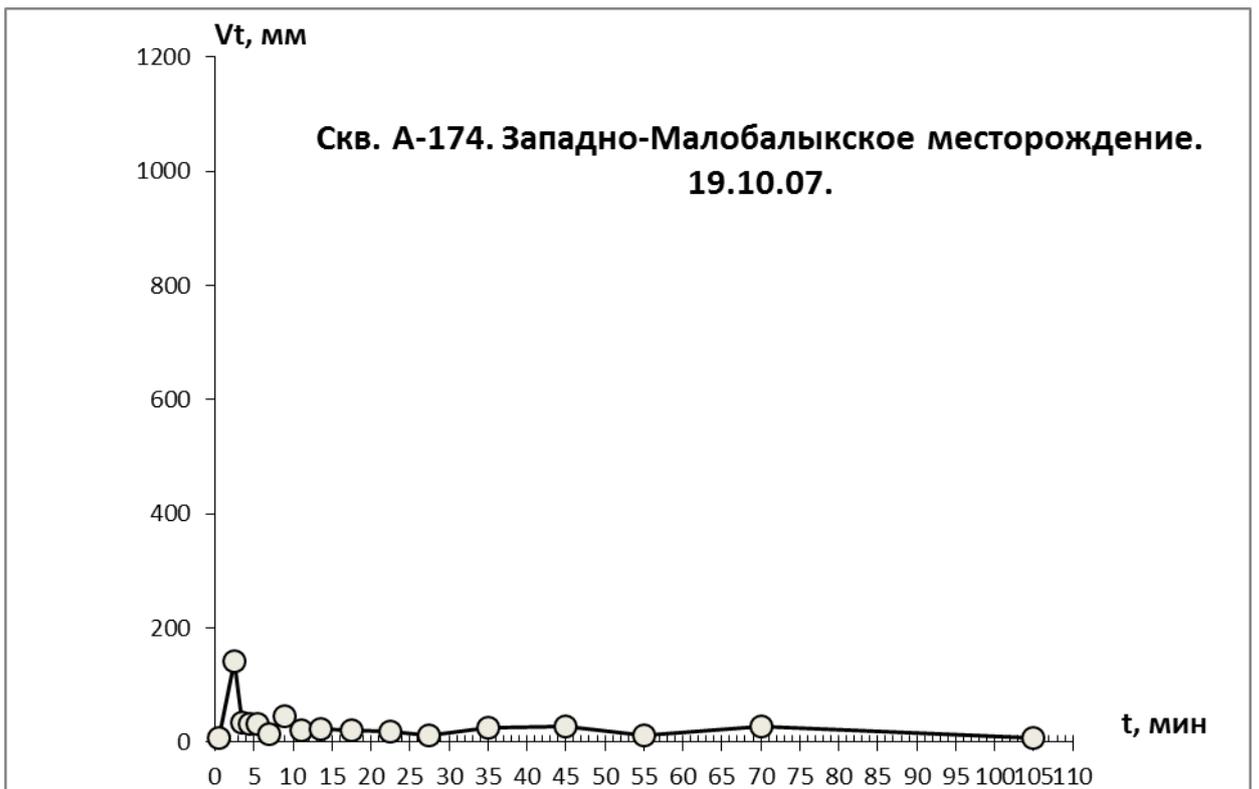
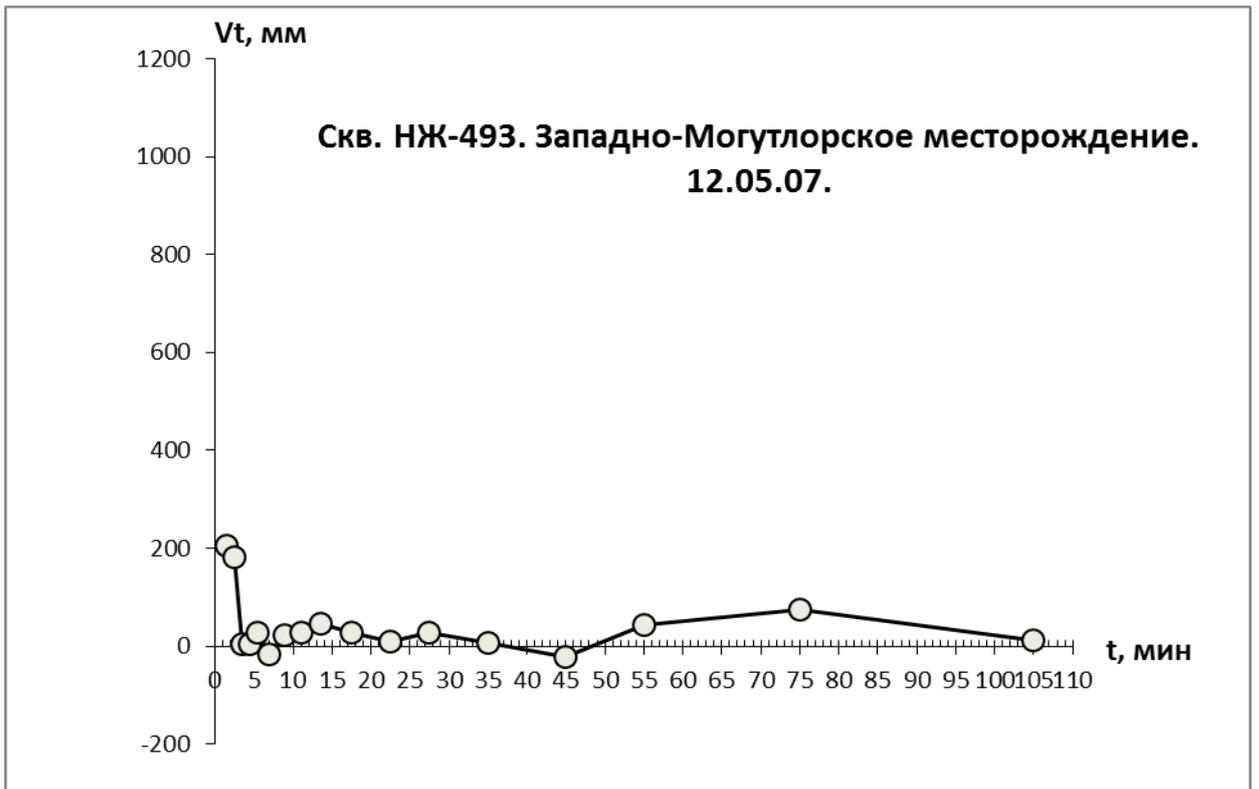


Рисунок 3. 15 - Графики зависимости  $V_t$  от  $t$ .  
(Опытные данные получены при выполнении исследований на одиночных водозаборах)

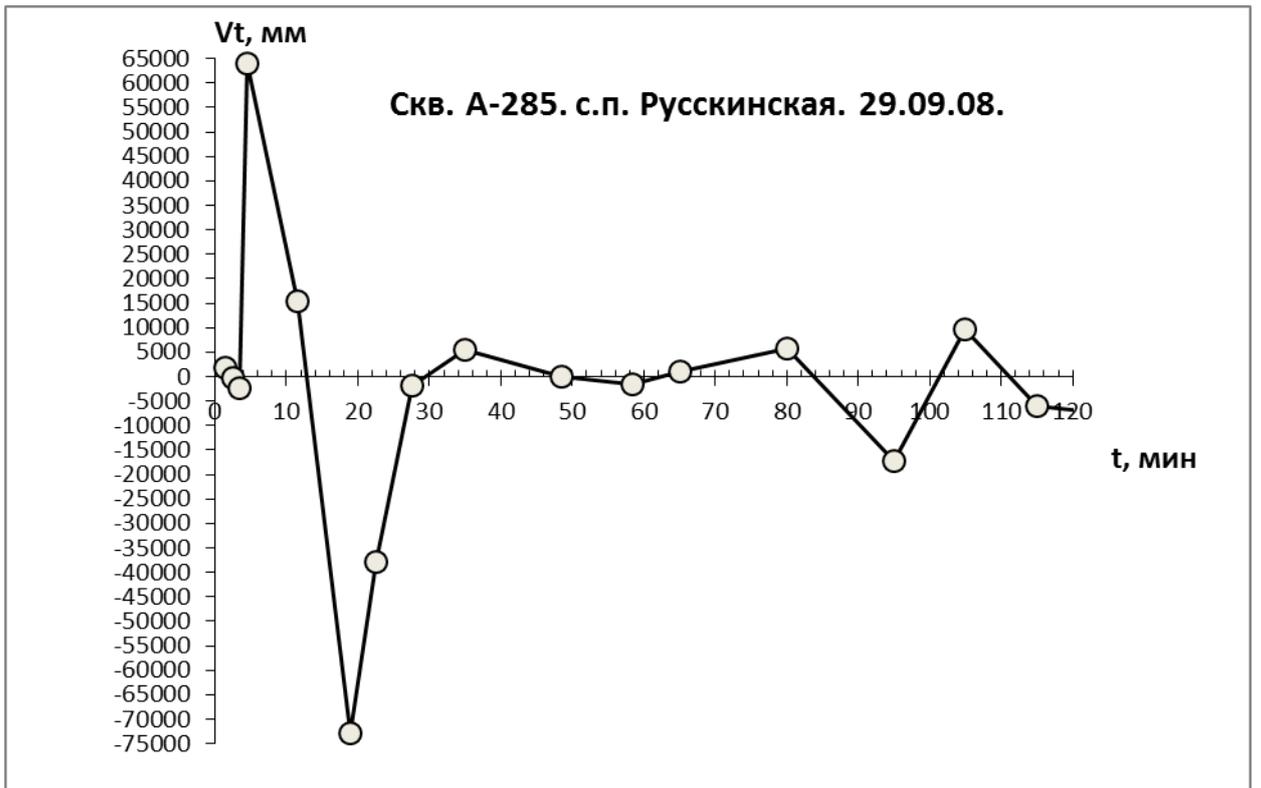
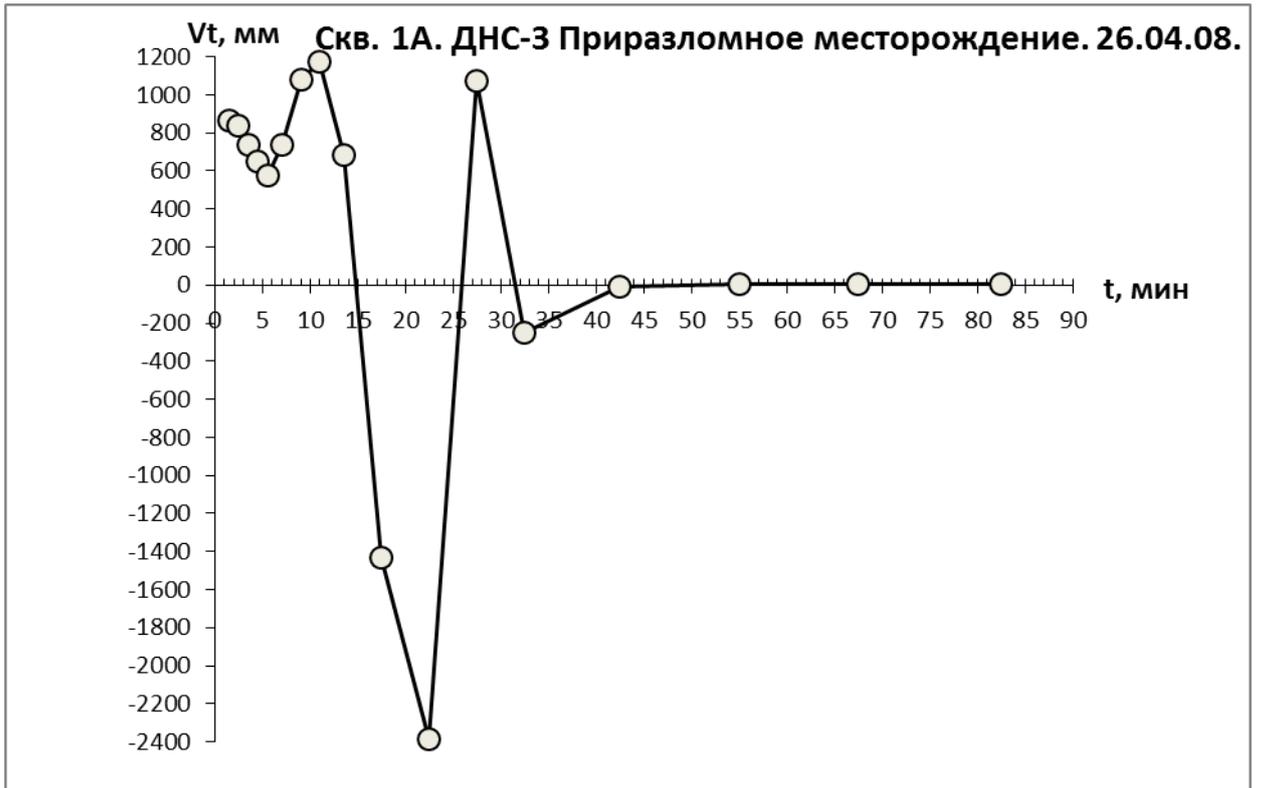


Рисунок 3. 16 - Графики зависимости  $V_t$  от  $t$ .  
(Опытные данные получены при выполнении исследований на одиночных водозаборах)

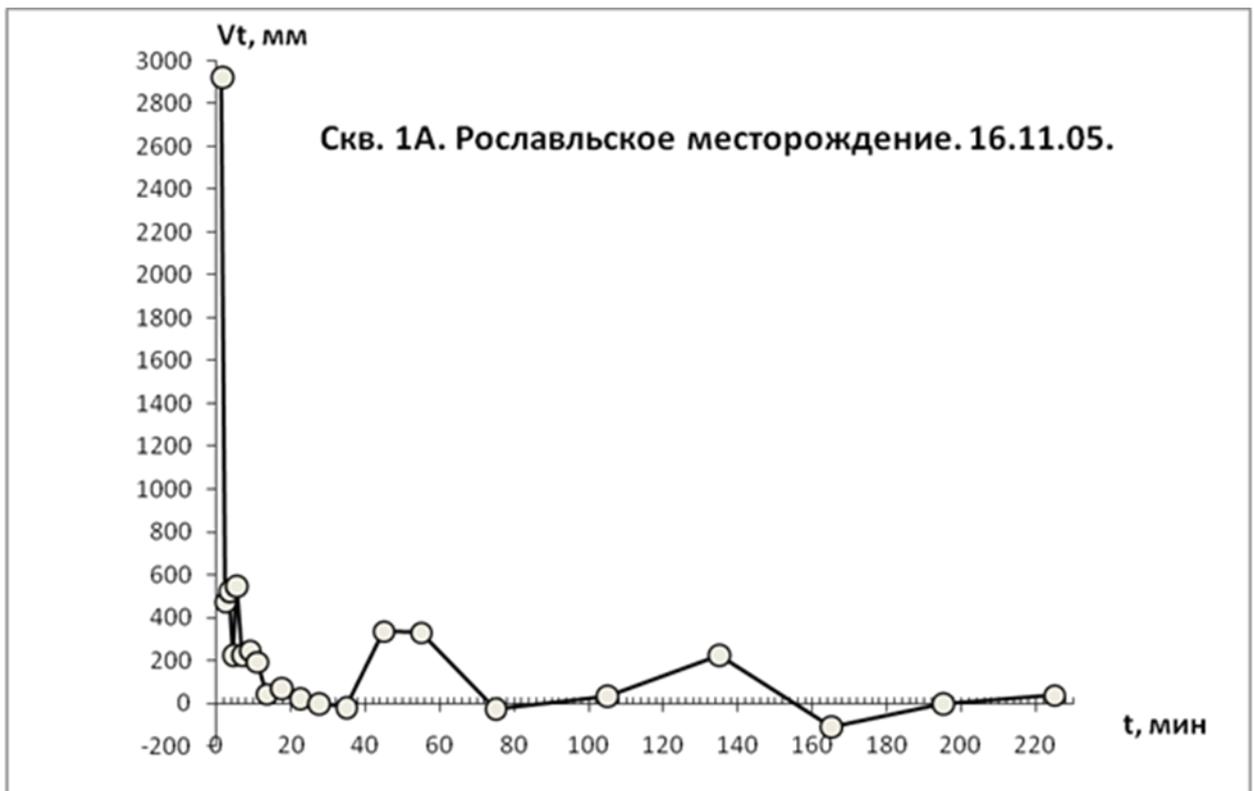


Рисунок 3. 17 - График зависимости  $V_t$  от  $t$ .  
(Опытные данные получены при выполнении исследований на одиночном водозаборе Рославльского месторождения нефти)

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 4.1 - Результаты гидрогеологических исследований.

Номер скважины (участок)	Дата определения	Водопроводимость, м <sup>2</sup> /сут	Пьезопроводность, м <sup>2</sup> /сут	Дебит, м <sup>3</sup> /сут	Гидравлические потери, м	Кол-во механ. примесей, г/л	Гидравлические потери, м, при Q=1000 м <sup>3</sup> /сут
1(I)	1.11.88	175	300000	1760 1590 965 445	7,67 6,63 3,02 1,79	- 0,00 - -	3,6
2(I)	10.07.92	385	300000	1670 1150 620	2,44 1,68 0,93	- - -	1,7
3(I)	11.07.92	410	300000	2080 1612 893	12,83 9,83 5,46	- - -	6,1
4(I)	11.07.92	495	300000	2300 1145 380	8,03 3,07 0,91	- - -	2,3
5(I)	9.07.92	835	300000	860 630 310	3,94 2,96 1,50	- - -	4,3
7(I)	7.07.92	502	400000	1773 1293 762	4,53 3,56 2,21	- - -	2,3
9(I)	8.07.92	215	400000	1350 1040 605	8,51 6,67 3,44	- - -	6,1
11(I)	8.06.92	215	500000	1686 1381 802	2,91 2,40 1,43	- - -	1,9
14(I)	3.11.88	215	500000	1430 985 418	1,51 1,15 0,65	0,01 - -	1,9
14(I)	12.07.92	235	350000	1870 790 481	2,15 4,54 4,92	- - -	4,1
16(I)	21.11.88	460	500000	970 906 849 807 424	7,48 7,72 7,78 7,93 5,64	- 0,32 - - -	9,7
2(II)	23.11.88	460	500000	1382 1260 1104 642	15,50 12,64 11,22 5,44	0,00 - - -	8,8
4(II)	15.03.91	325	500000	1870 1201 495	11,66 7,41 2,86	- - -	6,2

Продолжение таблицы 4.1

Номер скважины (участок)	Дата определения	Водопроводимость, м <sup>2</sup> /сут	Пьезопроводность, м <sup>2</sup> /сут	Дебит, м <sup>3</sup> /сут	Гидравлические потери, м	Кол-во механ. примесей, г/л	Гидравлические потери, м, при Q=1000 м <sup>3</sup> /сут
4(II)	15.03.91	325	500000	1870	11,66	-	6,2
				1201	7,41	-	
				495	2,86	-	
3(II)	5.03.91	505	500000	950	14,21	-	14,2
5(II)	13.09.89	440	500000	1240	18,25	-	14,0
				845	12,32	-	
9(II)	19.03.91	335	500000	1774	2,51	-	1,35
				1216	1,69	-	
				235	0,27	-	
12(II)	3.08.89	290	500000	1615	21,15	0,00	12,3
				1150	15,53	-	
				707	9,56	-	
12(II)	9.04.91	280	500000	1461	17,05	-	11,8
				1087	12,95	-	
				532	6,23	-	
13(II)	9.09.88	400	500000	460	2,06	0,80	4,7
				400	1,81	0,80	
				370	1,80	-	
13(II)	3.08.89	400	500000	1300	10,09	-	7,5
				870	6,56	-	
				370	2,39	-	
14(II)	11.07.88	425	500000	1280	2,53	0,40	2,1
				930	2,19	-	
14(II)	2.04.91	420	500000	2109	4,57	-	2,3
				413	1,01	-	
				148	0,49	-	
15(II)	9.09.88	510	500000	1829	3,34	0,20	1,8
				1638	3,08	-	
				1010	1,87	-	
15(II)	12.04.91	500	500000	2224	5,15	-	2,3
				1744	3,97	-	
				619	1,21	-	
16(II)	23.04.91	735	500000	1506	7,31	-	4,9
				996	4,84	-	
				383	1,80	-	
18(II)	15.07.88	360	38000	280	1,77	0,00	6,7
				240	1,77	-	
				210	1,61	-	
				180	1,29	0,00	
23(II)	16.04.91	640	500000	2177	11,76	-	5,2
				1763	9,13	-	
				875	3,99	-	
24(II)	19.04.91	800	500000	1763	17,28	-	9,8
				1302	12,60	-	
				555	5,28	-	

Продолжение таблицы 4.1

Номер скважины (участок)	Дата определения	Водопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Пьезопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Дебит, м <sup>3</sup> /сут	Гидравлические потери, м	Кол-во механ. примесей, г/л	Гидравлические потери, м, при Q=1000 м <sup>3</sup> /сут
26(II)	26.04.91	370	500000	1526	7,88	-	5,2
				1034	5,38	-	
				598	3,13	-	
27(II)	6.07.88	355	70000	2450	13,44	-	5,5
				2047	10,30	-	
				1880	10,54	-	
				1560	8,84	-	
27(II)	12.03.91	345	500000	1472 920	8,47 5,96	- -	5,8
29(II)	26.03.91	210	500000	1336 704 226	13,89 7,13 2,33	- - -	10,3
8(III)	17.10.88	310	500000	2393	12,21	0,00	5,5
				2329	11,95	0,01	
				2028	10,43	-	
				1691	8,43	-	
				1445	7,28	-	
8(III)	6.09.89	310	500000	1577	7,83	-	5,5
				1175	5,61	-	
				430	1,85	-	
8(III)	23.06.90	305	500000	1254	5,04	-	4,0
				1180	4,93	-	
				1108	4,62	-	
11(III)	15.07.88	300	600000	1650	11,06	0,00	5,8
				1490	8,79	0,00	
				1195	8,07	-	
11(III)	1.07.90	305	600000	2260	8,08	-	3,5
				2070	7,36	-	
				1176	3,92	-	
12(III)	15.09.89	360	500000	1705	19,84	-	10,8
				1530	17,15	-	
				870	9,43	-	
				570	5,39	-	
19(III)	27.09.88	390	300000	2298	14,26	0,20	8,2
				2110	18,89	0,00	
				1580	16,70	-	
				1070	9,28	-	
19(III)	20.07.89	400	300000	1530	7,07	-	5,5
				1420	8,56	-	
				970	5,20	-	
				280	1,11	-	
19(III)	6.07.90	390	500000	1788	5,97	-	3,4
				1583	5,58	-	
				938	3,26	-	

Продолжение таблицы 4.1

Номер скважины (участок)	Дата определения	Водопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Пьезопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Дебит, м <sup>3</sup> /сут	Гидравлические потери, м	Кол-во механ. примесей, г/л	Гидравлические потери, м, при Q=1000 м <sup>3</sup> /сут
24(III)	5.07.90	490	500000	1695	5,08	-	3,0
				1380	4,10	-	
				1082	3,20	-	
32(III)	26.10.88	380	600000	2380	10,80	0,00	4,5
				2230	10,30	0,00	
				1700	7,35	-	
				720	2,85	-	
32(III)	17.10.90	395	500000	1412	6,19	-	4,5
				398	1,68	-	
				196	0,85	-	
36(III)	25.10.88	355	625000	2534	5,32	-	1,8
				2458	5,11	-	
				2118	4,21	0,00-	
3(IV)	18.10.88	335	500000	2335	12,21	0,00	5,1
				2280	12,17	0,00	
				1882	10,06	-	
				1274	6,91	-	
5(IV)	13.09.88	300	500000	2360	22,72	0,00	14,7
				2340	22,62	0,00	
				2160	21,30	0,00	
				2014	19,53	-	
5(IV)	12.09.89	300	500000	1980	18,22	-	9,2
				1730	15,97	-	
				1160	10,64	-	
6(IV)	13.09.88	405	500000	1895	7,69	1,00	4,0
				1842	7,54	0,40	
				1708	7,08	-	
				1311	5,66	-	
9(IV)	16.09.88	285	500000	2400	17,25	0,00	7,1
				2060	14,31	0,00	
				1800	13,50	-	
13(IV)	8.09.89	330	500000	2280	3,12	0,00	1,2
				1520	1,99	-	
				413	0,55	-	
27(IV)	7.09.89	345	500000	2280	25,02	0,00	11,5
				2120	24,15	-	
				1680	19,74	-	
35(IV)	6.12.88	215	200000	680	5,60	0,14	8,5
				432	2,93	-	
				260	2,12	-	
1A(IV)	14.10.88	300	560000	2149	5,15	0,00	2,3
				2023	4,93	0,00	
				1516	3,78	-	
				892	2,30	-	

Продолжение таблицы 4.1

Номер скважины (участок)	Дата определения	Водопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Пьезопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Дебит, м <sup>3</sup> /сут	Гидравлические потери, м	Кол-во механ. примесей, г/л	Гидравлические потери, м, при Q=1000 м <sup>3</sup> /сут
4A(IV)	13.10.88	350	590000	2512 2469 2196 1836	5,31 5,23 4,60 3,89	0,04 0,00 - -	2,0
10A(IV)	10.10.88	310	500000	2123 1858 1459	12,94 10,76 9,46	0,00 0,00 -	6,0
11A(IV)	10.10.88	210	500000	1875 1830 1568 1257	2,01 1,88 1,49 1,16	0,00 0,00 - -	0,14
12A(IV)	19.08.88	215	500000	1980 1880 1570 1180	14,49 13,69 11,50 9,83	0,00 0,00 - -	7,4
СР-324 (с.п.Лемпино)	24.07.06	868	1000000	600 525 293	9,34 7,03 2,81	0,08 - -	20,0
1 А (ДНС-3 Приразломное месторождение)	26.04.08	422	100000	107	0,54	- - -	-
А-174 (З.- Малобалькское месторождение)	19.10.07	865	1400000	238 202 144	1,06 0,88 0,61	0,07 - -	5,1
А-285 (с.п.Рускинская)	29.09.08	1300	1900000	903	26,88	-	27,0
НЖ-493/2 (З.- Могутлорское месторождение)	12.05.07	320	100000	364 266	3,48 2,02	0,05 -	18,0
1 А (Рославльское месторождение)	16.11.05	1326	1000000	326	2,12	0,02	-

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

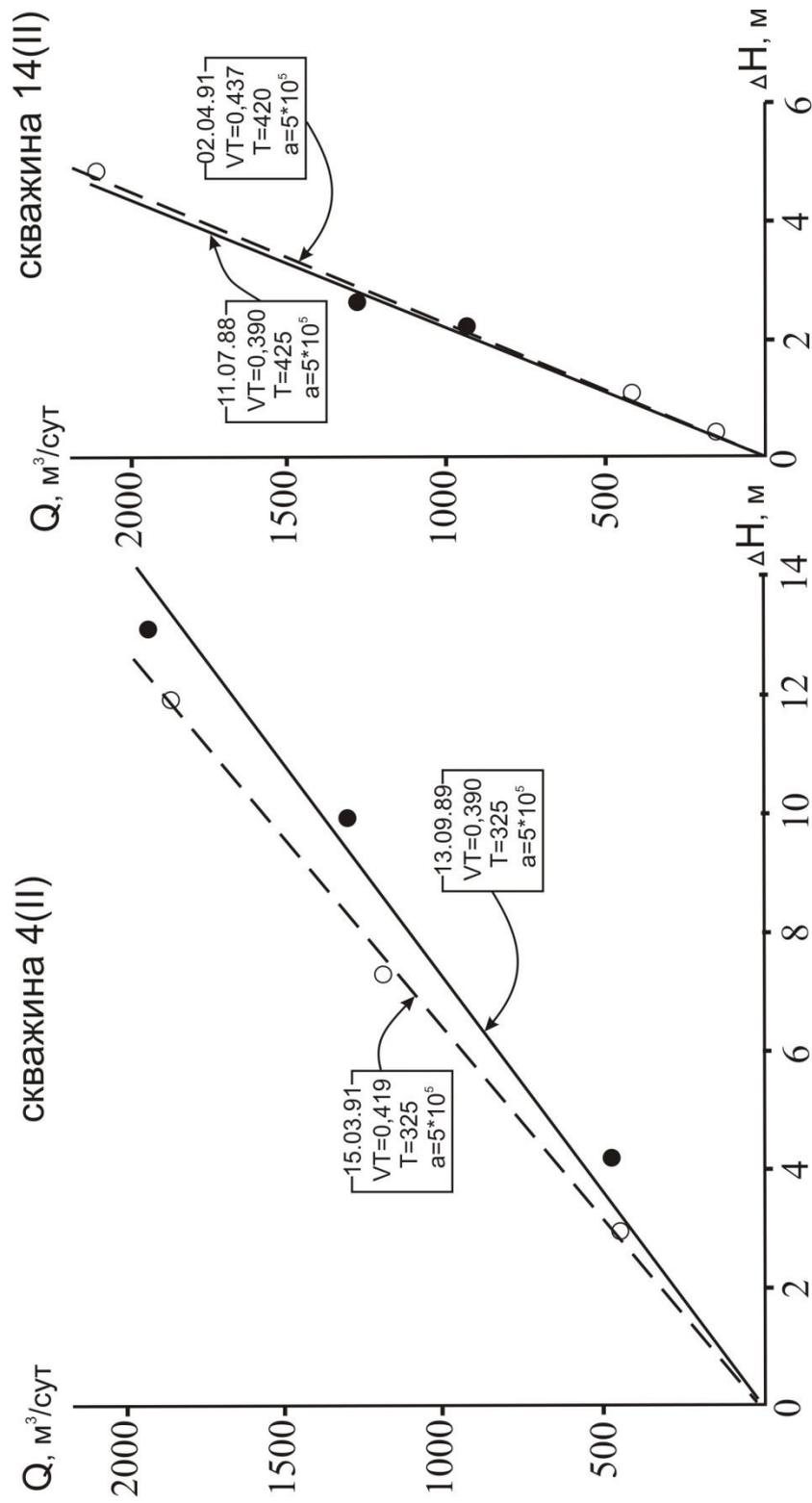


Рисунок 4.2 - Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах в скв. 4 (II) и скв. 14 (II) (римская цифра в скобках - номер участка водозабора; в квадрате - дата исследований,  $vt$  - произведение скорости уровня на время (экстремальная опорная точка),  $T$  - водопроницаемость,  $a$  - пьезопроводность).

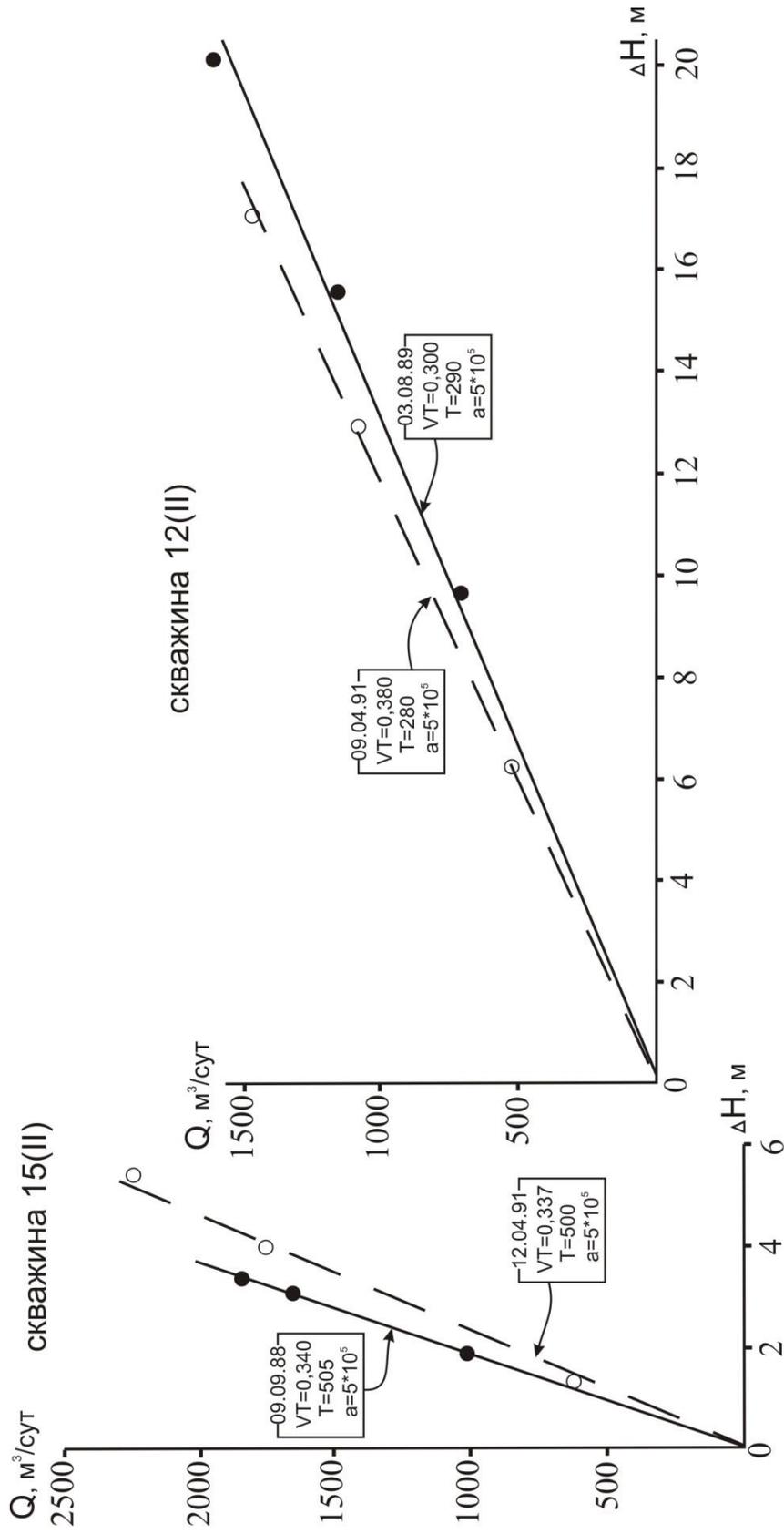


Рисунок - 4.3. Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах в скв. 12 (II) и скв. 15 (II) (римская цифра - номер участка водозабора; в квадрате - дата исследований, vt - произведение скорости уровня на время (экстремальная опорная точка), T - водопроницаемость, а - пьезопроводность).

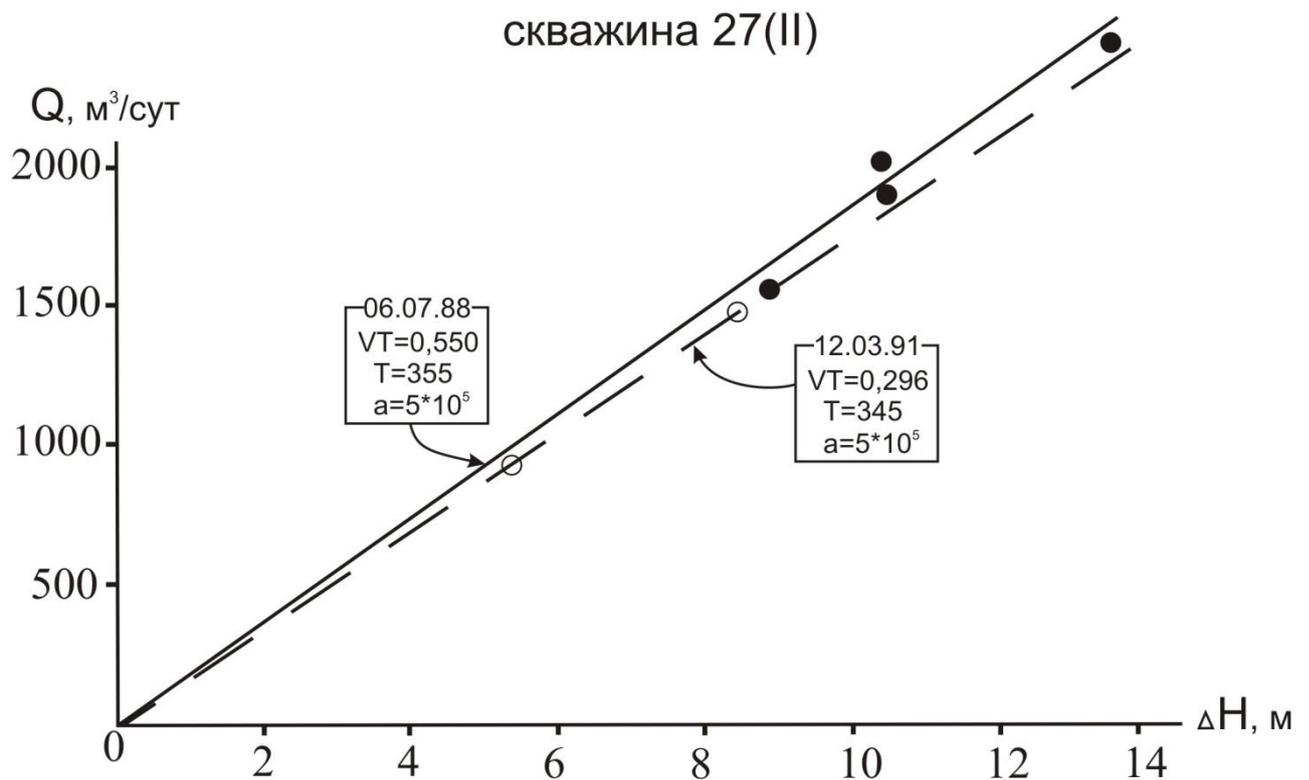
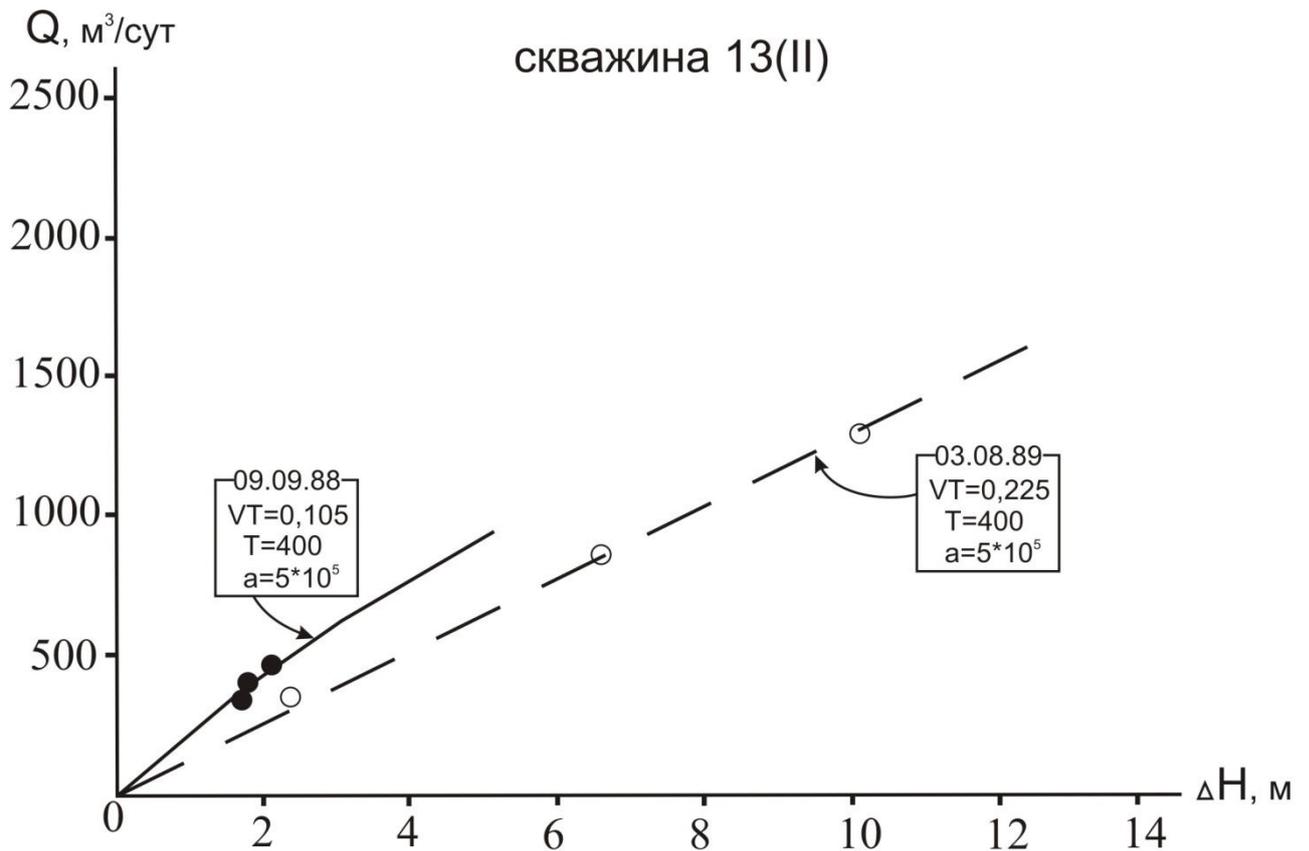


Рисунок 4.4 - Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах в скв. 13 (II) и скв. 27 (II) (римская цифра в скобках - номер участка водозабора; в квадрате - дата исследований,  $vt$  - произведение скорости уровня на время (экстремальная опорная точка),  $T$  - водопроводимость,  $a$  - пьезопроводность).

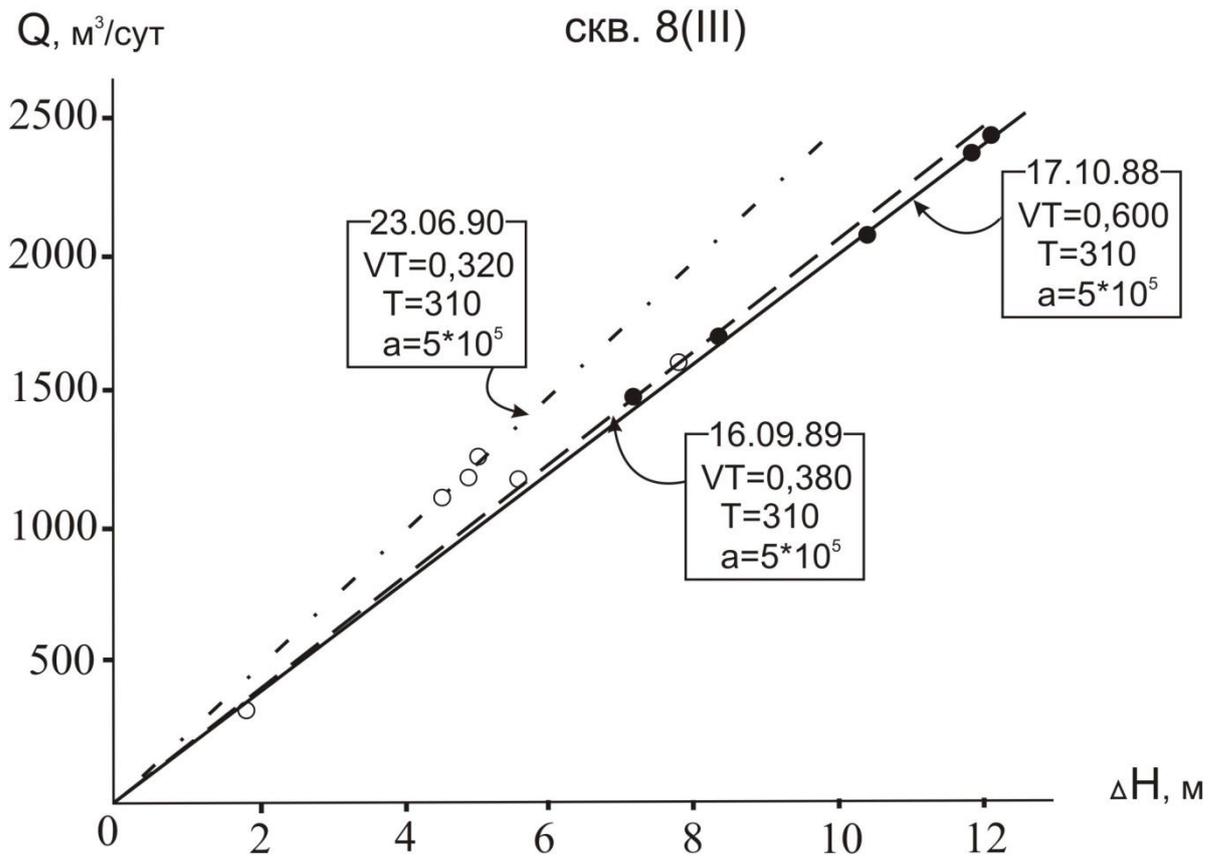
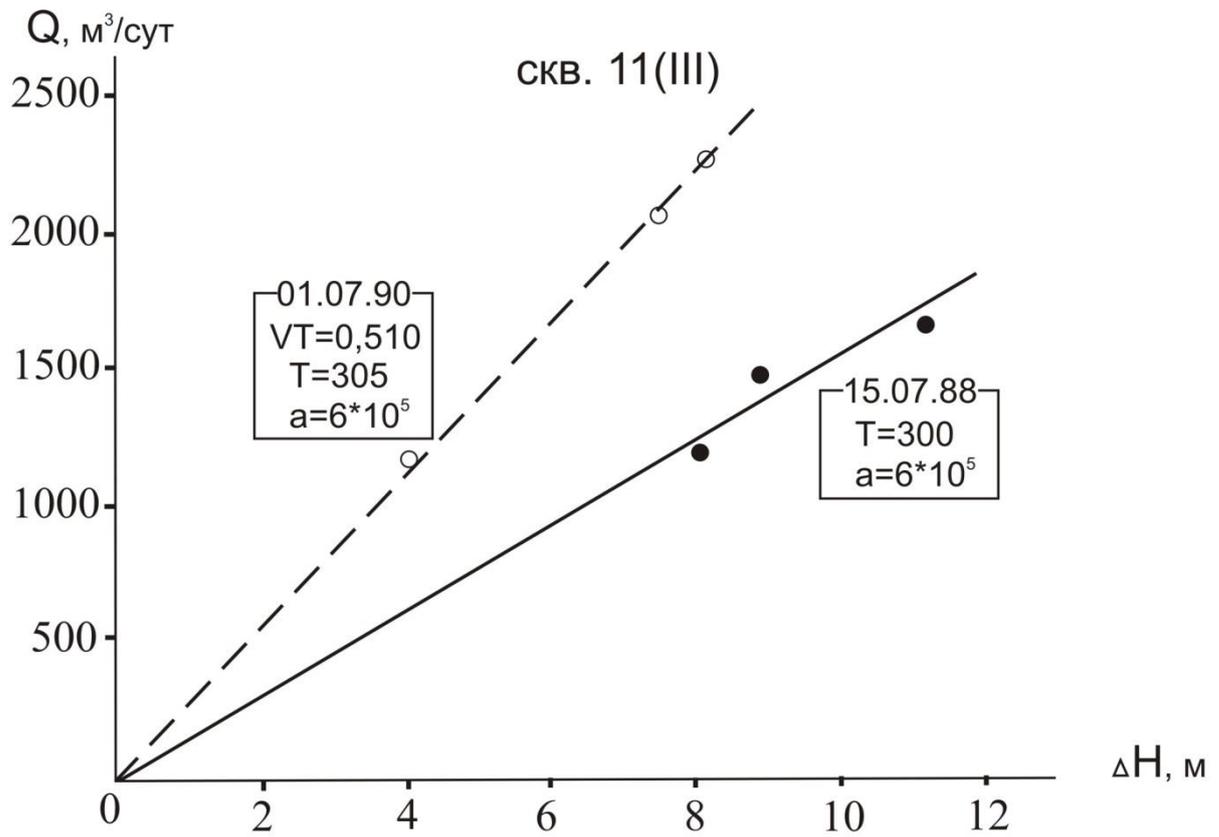


Рисунок 4.5 - Динамика изменения гидравлических потерь на фильтрах в скв. 8 (III) и скв. 11 (III) (римская цифра в скобках - номер участка водозабора; в квадрате - дата исследований,  $v_t$  - произведение скорости уровня на время (экстремальная опорная точка),  $T$  - водопроницаемость,  $a$  - пьезопроводность).

## скважина 19(III)

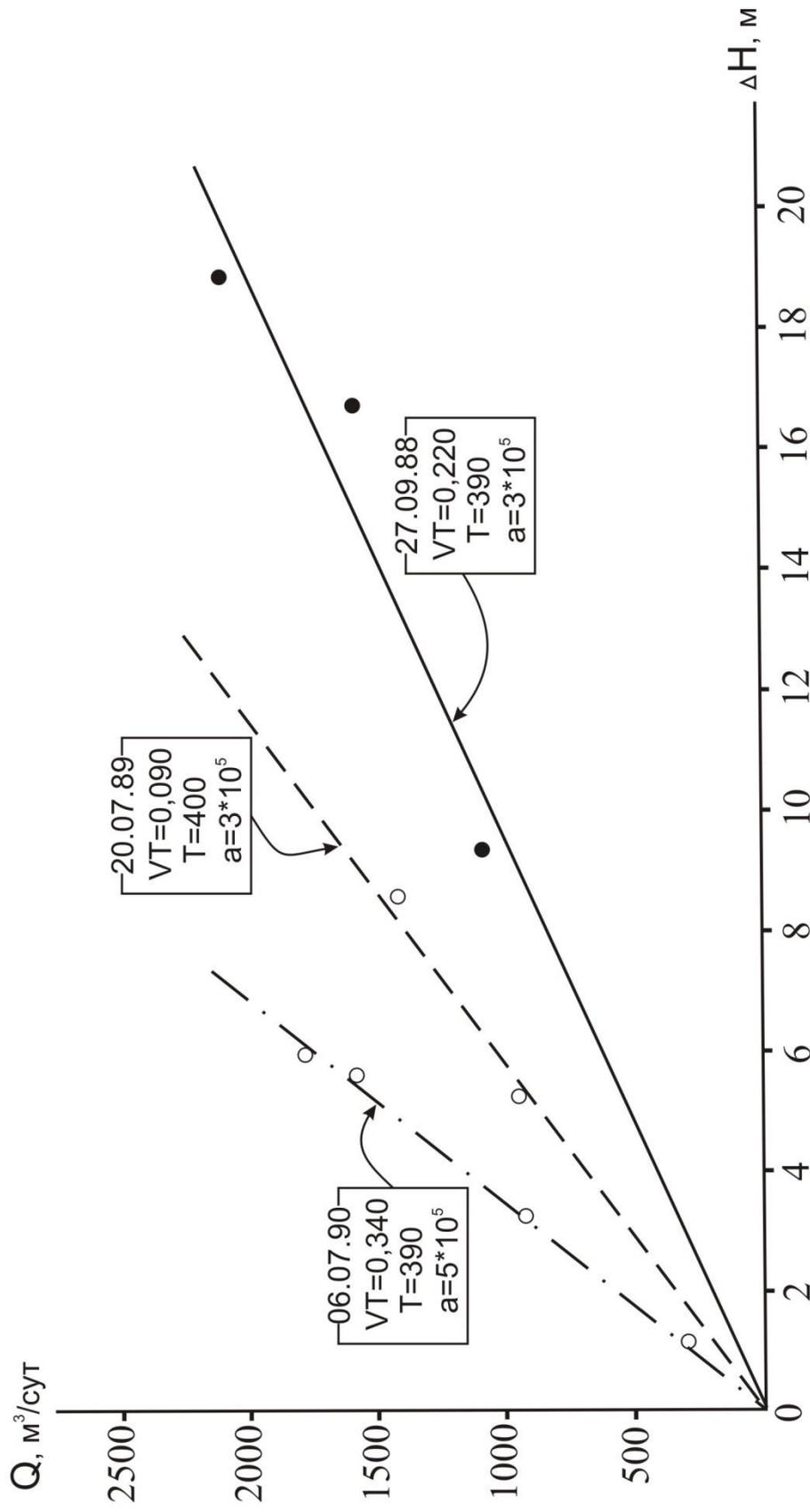


Рисунок 4.6 - Динамика изменения гидравлических потерь на фильтре в скв. 19 (III) (римская цифра в скобках - номер участка водозабора; в квадрате - дата исследований,  $vt$  - произведение скорости уровня на время (экстремальная опорная точка),  $T$  - водопроницаемость,  $a$  - пьезопроводность).

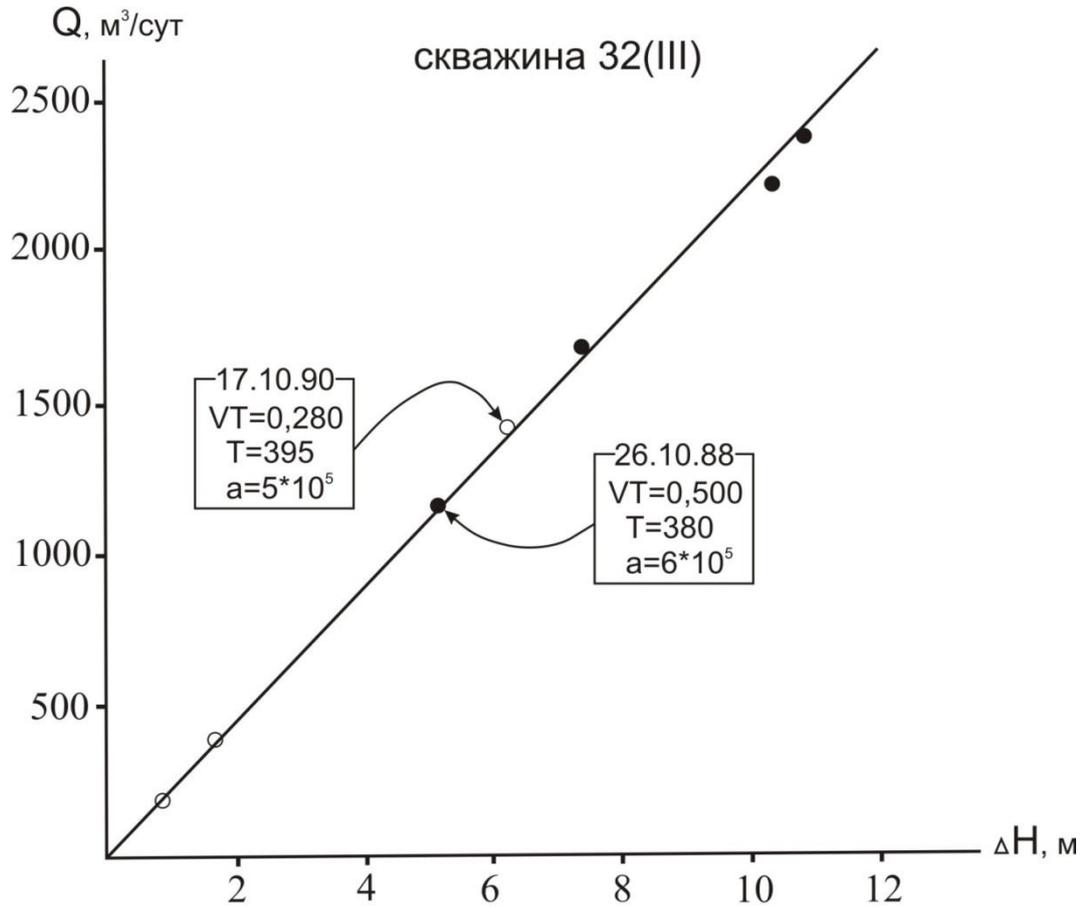


Рисунок 4.7 – Динамика изменения гидравлических потерь на фильтре в скв. 32 (III) (римская цифра в скобках – номер участка водозабора; в квадрате – дата исследований,  $vt$  – произведение скорости уровня на время,  $T$  – водопроницаемость,  $a$  – пьезопроводность)

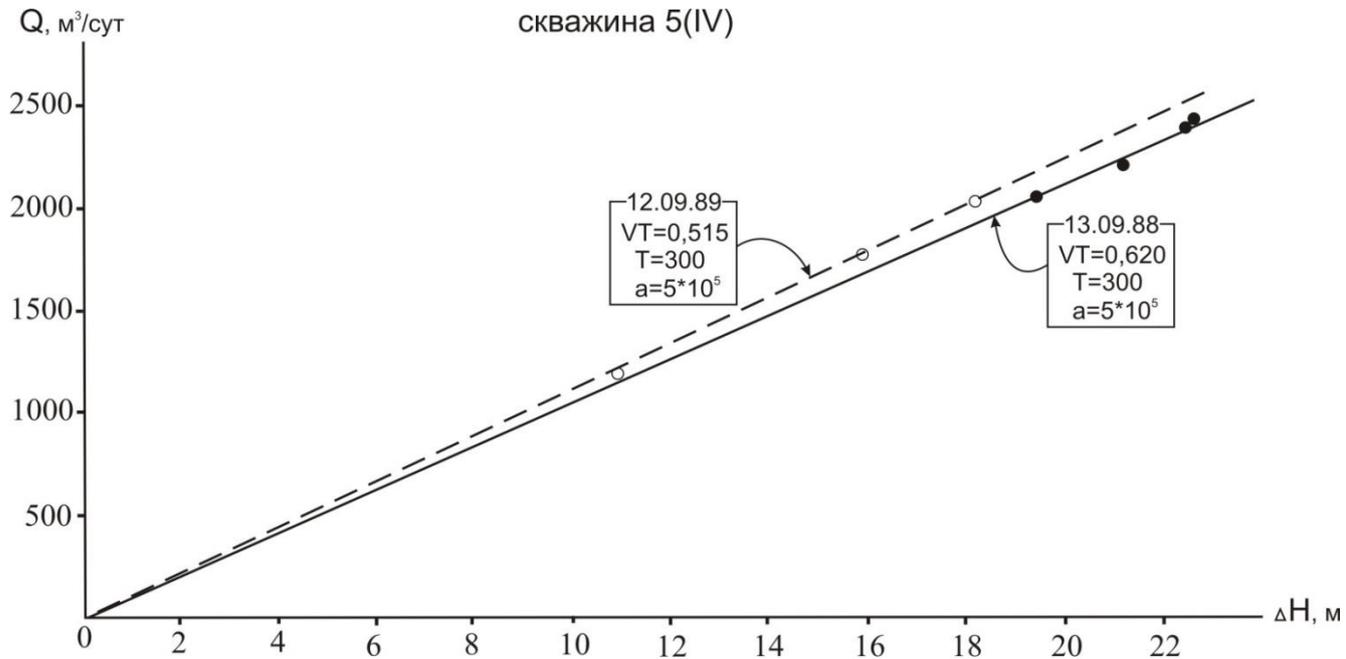


Рисунок 4.8 – Динамика изменения гидравлических потерь на фильтре в скв. 5 (IV) (римская цифра в скобках – номер участка водозабора; в квадрате – дата исследований,  $vt$  – произведение скорости уровня на время,  $T$  – водопроницаемость,  $a$  – пьезопроводность)