

Санкт-Петербургский государственный университет

***ЛАВРИНЕНКО Мария Владимировна***

**Выпускная квалификационная работа**

**Оценка запасов подземных вод для водоснабжения животноводческого комплекса**

**ООО «Коралл». Бежецкий р-н, Тверская обл. РФ**

Бакалавриат:

Направление *05.03.01 «Геология»*

Основная образовательная программа *СВ.5090 «Геология и гидрогеология»*

Научный руководитель:

к.г.-м.н., доц. каф. гидрогеологии ИНЗ СПбГУ

Потапов А.А.

Рецензент:

зам. директора МИП "Геологический центр СПбГУ"

Тудвачев А.В.

2019

Санкт-Петербург

## Оглавление

Введение .....	3
1. Геолого-гидрогеологические условия района .....	4
1.1. Физико-географический очерк .....	4
1.2. Геологическое строение территории работ .....	6
1.3. Гидрогеологическое строение территории работ .....	12
2. Интерпретация результатов опытно-фильтрационных работ .....	21
2.1. Методика и объемы выполненных опытно-фильтрационных работ .....	21
2.2. Интерпретация результатов опытно-фильтрационных работ .....	26
3. Характеристика качества подземных вод .....	37
4. Подсчет запасов .....	40
5. Обоснование зоны санитарной охраны .....	45
Заключение .....	48
Список литературы .....	49

## Введение

Оценка запасов подземных вод, в соответствии с законом РФ «О Недрах», производится в том случае, если суммарное водопотребление превышает 100 кубометров в сутки. Животноводческий комплекс ООО «Коралл» Бежецкого района Тверской области относится к такой организации. Заявленное водопотребление в соответствии с представленным расчетом составляет 3840 м<sup>3</sup>/сут (1 401,1 тыс м<sup>3</sup>/год) воды питьевого качества.

Целевым водоносным горизонтом является ниже-верхнемосковский водно-ледниковый водоносный комплекс (f,lgIIms<sub>1-3</sub>). Для обеспечения заявленного водопотребления на территории ООО «Коралл» были организованы три водозаборных узла, располагающихся на расстоянии 1750 м друг от друга.

Оценка запасов подземных вод является заключительным этапом гидрогеологических работ на участке оцениваемого водозабора. Составляемый по результатам этой оценки отчет должен проходить процедуру защиты в Государственной комиссии по запасам, что является обязательным для реализации добычи воды и дальнейшей разработки месторождения подземных вод.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей выпускной квалификационной работы являлось проведение оценки запасов подземных вод на участке водозабора животноводческого комплекса ООО «Коралл», что было достигнуто путем решения следующих задач:

1. изучение геологических и гидрологических условий района по фондовым материалам;
2. определение фильтрационных параметров водоносных горизонтов по результатам опытных откачек воды их скважин;
3. анализ химического состава воды по результатам гидрохимического опробования скважин;
4. подсчет запасов подземных вод;
5. расчет всех 3-х поясов зон санитарной охраны.

## 1. Геолого-гидрогеологические условия района

### 1.1. Физико-географический очерк

Изучаемый район находится в западной части Бежецкого района Тверской области (рис. 1.1).

Описываемая территория расположена в пределах Верхневолжской низины и морфологически представляет собой слаборасчлененную водно-ледниковую равнину с абсолютными отметками 130-160 м.

В восточной части района на фоне водно-ледниковой равнины с абсолютными высотами около 160 м. резко выделяется в рельефе Шишковская возвышенность с относительными высотами 40-60 м.

Основной рекой района является Молога со своими притоками: Осень, Уйвешь и Могоча. Река Молога берёт начало к югу от исследуемой территории и на площади района работ представлена своим верхним течением. Реки имеют довольно крутые берега с глубиной вреза до 5 м. Все реки района относятся к малым, несудоходны. Расходы рек небольшие (до 0,8 м<sup>3</sup>/секунду) скорость течения около 0,07 м/секунду.

Болота в районе работ занимают большие площади, особенно в его северной части. Наибольшая мощность торфа 5,9 м наблюдается на Еськово-Костюшинском месторождении, обычная – до 2-3 м.

Территория Бежецкого района отличается умеренно-континентальным климатом. Среднемесячная температура наиболее тёплого месяца июля – 17,5°С, а самого холодного – января -10,6°С. За год выпадает около 561 мм. осадков, максимум 77 мм. приходится на август минимум – 28 мм. в феврале



## 1.2. Геологическое строение территории работ

Тверская область расположена в центральной части Восточно-Европейской платформы, на западном крыле Московской синеклизы. Породы осадочного чехла и поверхность кристаллического фундамента погружаются в северо-восточном направлении.

Осадочный чехол сложен породами фанерозоя: карбонового, пермского, триасового и четвертичного возрастов. В рамках данной работы практический интерес представляют отложения не древнее московского яруса среднекаменноугольной системы.

Описание геолого-гидрогеологических условий выполнено в соответствии со сводной легендой Московской и Брянско-Воронежской серии к Государственной гидрогеологической карте СССР масштаба 1:200000, утвержденной Гидрогеологической секцией НТС Мингео СССР при ВСЕГИНГЕО 10 апреля 1989 года. По международной разграфке территория работ находится в центральной части листа 0-37-XIX (рис. 1.2) (<https://vsegei.ru/ru/>).

### **ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРАТЕМА**

#### **Каменноугольная система**

##### **Средний отдел**

##### **Московский ярус $C_2m$**

Подольский горизонт ( $C_{2pd}$ ) распространён повсеместно, состоит из двух толщ: нижней – терригенно-карбонатной, представленной загипсованными известняками и доломитами с редкими прослоями глин и мергелей (мощность 10-15 м.); и верхней – карбонатной толщей мощностью 14-20 м., сложенной загипсованными известняками и доломитами. Общая мощность горизонта 27-35 м.

Мячковский горизонт ( $C_{2m\check{c}}$ ) распространён повсеместно, представлен светло-серыми известняками доломитизированными переходящими выше в известняки органогенно-обломочные, пористые. Поры заполнены глиной и гипсом. Гипс встречается и в виде тонких прослоев. Полная мощность горизонта составляет 20-29 м.

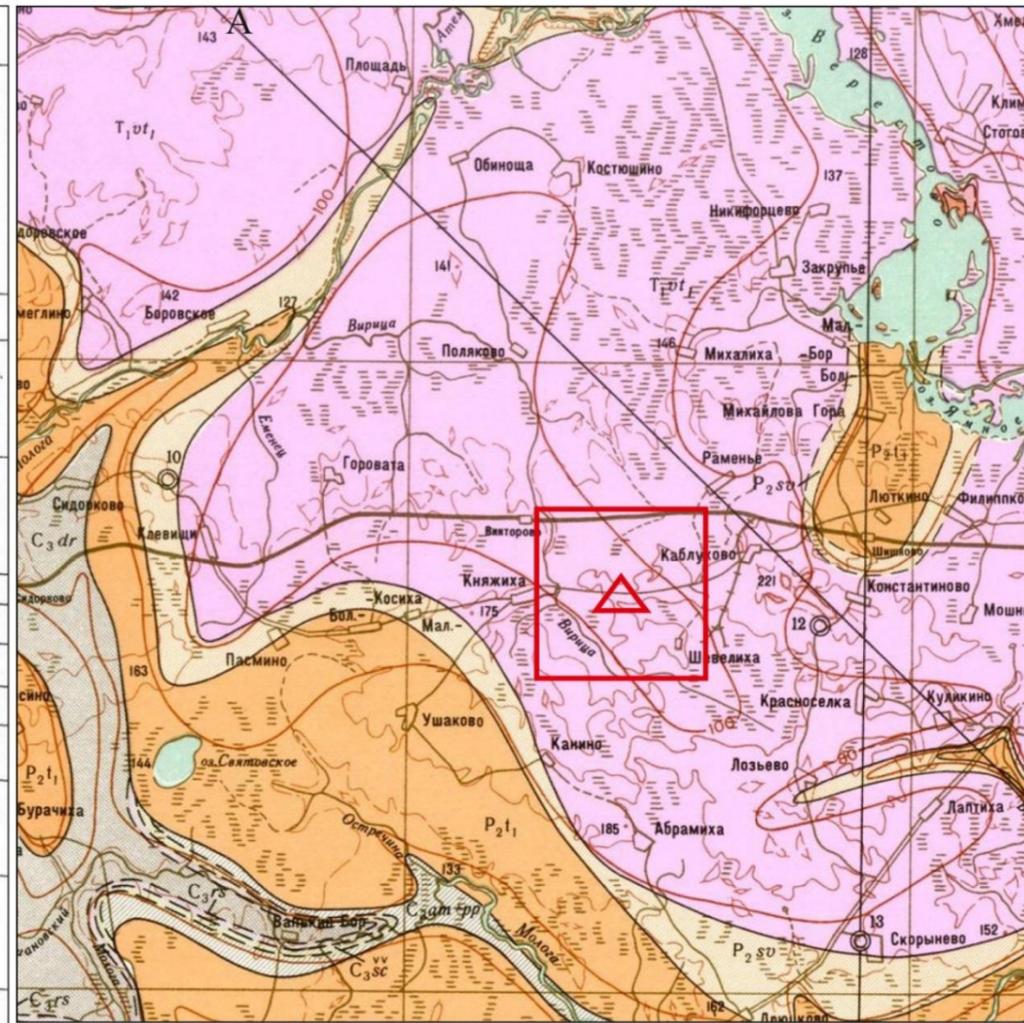
##### **Верхний отдел**

Верхнекаменноугольные отложения представлены касимовским и гжельским ярусами.

##### **Касимовский ярус $C_3k$**

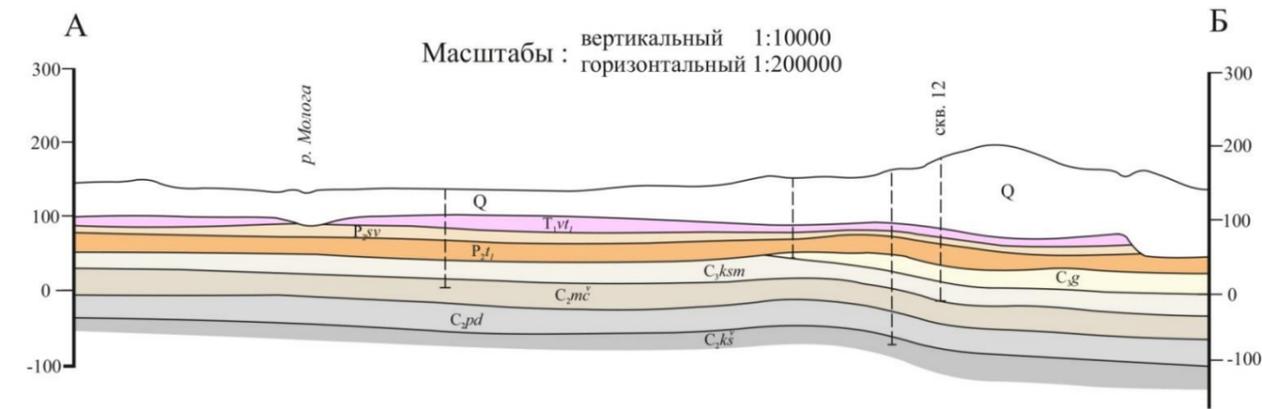
В составе касимовского яруса выделяются кревякинский и хамовнический горизонты и дорогомилловский надгоризонт.

Система	Отдел	Ярус	Имя	Мощность в м	Характеристика пород
ТРИАСОВАЯ	НИЖНИЙ	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> vt <sub>1</sub>	до 70	Ветлужская серия. Нижневетлужская подсерия. Глины пестроцветные, известковистые, с прослоями песков
			P <sub>2</sub> sv	4-10	Верхнетатарский подъярус. Северозанский горизонт. Глины пестроцветные, алевролитистые, известковистые, с прослоями мергелей и известняков.
БЕРХНИЙ	ТАТАРСКИЙ	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> t <sub>1</sub>	20-40	Нижнетатарский подъярус. Глины пестроцветные, алевролитистые, загипсованные, с подчиненными прослоями песчанников, алевролитов, песков. В основании гилл, иногда конгломератовидная порода
			C <sub>3</sub> am+pp	22-44	Амеровский и павлово-посадский горизонты. Известняки доломитизированные, доломиты, породы загипсованы, с редкими прослоями мергелей.
ВЕРХНИЙ	ГЖЕЛЬСКИЙ	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> sc <sup>vv</sup>	1-7	Речинский горизонт. Шелковская толща. Глины с прослоями мергелей и известняков
			C <sub>3</sub> rs	1-7	Речинский горизонт. Русавкинская толща. Известняки доломитизированные, доломиты
			C <sub>3</sub> dr	5-13	Дорогомиловский надгоризонт. Известняки, доломиты, глины, мергели
			C <sub>3</sub> hm	6-12	Хамовнический горизонт. Известняки, доломиты, сверху глины, мергели.
			C <sub>3</sub> kr	7-17	Кревякинский горизонт. Известняки, сверху глины, мергели, в основании иногда конгломератовидные известняки
			C <sub>3</sub> ks <sup>v</sup>	31-40	Каширский горизонт. Известняки доломитизированные, доломиты, с редкими прослоями мергелей и глин,
СРЕДНИЙ	МОСКОВСКИЙ	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> mc <sup>v</sup>	13-29	Мячковский горизонт. Известняки, доломиты, с тонкими бляшками прослоями мергелей; все породы загипсованы.
			C <sub>2</sub> pd	27-35	Подольский горизонт. Известняки, доломиты, в нижней части с прослоями мергелей, глины, все породы загипсованы.
			C <sub>2</sub> ks <sup>v</sup>	31-40	Каширский горизонт. Известняки доломитизированные, доломиты, с редкими прослоями мергелей и глин,



Выкопировка из геологической карты СССР масштаб 1:200000  
Серия московская, лист О-37-ХІХ.

Разрез по линии А-Б



- Четвертичная система** Q Отложения нерасчленённые (только на разрезах)
- Триасовая система**
- Нижний отдел** T<sub>1</sub>vt<sub>1</sub> Ветлужская свита Нижневетлужская подсвита. Глины красновато-коричневые, алевролитовые, карбонатизированные.
- Верхний отдел** P<sub>2</sub>sv Северодвинский горизонт. Пёстроцветные мергели с прослоями глин.
- P<sub>2</sub>t<sub>1</sub> Переслаивание пёстроцветных загипсованных глин, алевролитов, песчанников. В основании слой гипса.
- Пермская система**
- Верхний отдел** C<sub>3</sub>am+pp Татарский ярус Амеровский и Павлово-посадский горизонты. Доломитизированные известняки, доломиты.
- Средний отдел** C<sub>3</sub>sc<sup>vv</sup> Гжельский ярус Щёлковская толща. Пёстроцветные глины с прослоями известняков, мергелей.
- C<sub>3</sub>rs Добрятинский горизонт Речинская свита Русавкинская толща. Серые и розоватые известняки с прослоями доломитов.
- Нижний отдел** C<sub>3</sub>dr Дорогомиловский надгоризонт. Светло-серые известняки с пёстроцветными жирными глинами.
- C<sub>3</sub>hm Хамовнический горизонт. В нижней части загипсованные известняки, в верхней - глины и мергели.
- C<sub>3</sub>kr Кревякинский горизонт. Глины и мергели пестроцветные, в нижней части светло-серые известняки.
- C<sub>2</sub>mc<sup>v</sup> Мячковский горизонт. Известняки доломитизированные, пористые, загипсованные.
- C<sub>2</sub>pd Подольский горизонт. Известняки, мергели, доломиты, глины.
- C<sub>2</sub>ks<sup>v</sup> Каширский горизонт. Доломиты, известняки, мергели, глины.

- Геологические границы.
- ⊙ Буровые скважины на карте.
- ↓ Буровые скважины на разрезах.
- Границы участка работ.
- △ Водозабор ООО «Коралл».

Рисунок 1.2 Геологическая карта дочетвертичных отложений района работ масштаб 1:200000

Кревякинский горизонт ( $C_3kr$ ) распространён повсеместно. Выделяют две литологические пачки: нижнюю – карбонатную, сложенную светлыми мелкозернистыми известняками и верхнюю – глинисто-мергелистую, где глины тёмно-лиловые, плотные, мергели пёстроцветные, плотные. Мощность нижней пачки – 4,3 м, верхней – 2,3 м.

Хамовнический горизонт ( $C_3hm$ ) залегает согласно на верхней пачке кревякинского горизонта и перекрывается отложениями дорогомилловского надгоризонта. Выделяется две пачки: нижняя – карбонатная и верхняя – глинисто-мергелистая. Мощность нижней пачки от 5,6 м. до 9,4 м, верхней пачки от 1,6 м. до 3,4 м.

Дорогомилловский надгоризонт ( $C_3dr$ ) полностью размыт только на северо-западе территории. На остальной площади согласно залегает на верхней пачке хамовнического горизонта и перекрывается породами гжельского яруса.

В разрезе дорогомилловского надгоризонта выделяются две циклические толщи, каждая из которых сложена карбонатной и глинистой пачками. Общая мощность дорогомилловского надгоризонта около 12 м.

### **Гжельский ярус $C_3g$**

Добрятинский горизонт ( $C_3db$ ) выделяется только на востоке территории, представлен русавкинской и шелковской толщами.

Русавкинская толща ( $C_3rs$ ) сложена серыми и розоватыми известняками и доломитами мощностью от 2 до 3 м.

Щелковская толща ( $C_3sc$ ) представлена в основном пестроцветными глинами с прослоями известняков, мергелей, алевроитов. Мощность толщи составляет 2-3 м.

Амеровский и Павлово-посадский горизонты ( $C_3am+pp$ ) не расчленяются из-за сходства литологического состава. Разрез представлен монотонной толщей карбонатных пород с преобладанием скрытокристаллических доломитизированных известняков, переслаивающихся с доломитами. Все породы сильно загипсованы. На рассматриваемой территории сохранилась лишь нижняя часть этой толщи, слагающая, по-видимому, только амеровский горизонт. Мощность достигает 10 м.

## **Пермская система**

### **Верхний отдел**

#### **Татарский ярус $P_2t$**

Татарские отложения имеют сплошное площадное распространение. Частично они размыты лишь в глубоких погребённых долинах

Нижнетатарский подъярус ( $P_2t_1$ ) распространён повсеместно, залегает с глубоким размывом на горизонтах верхнего карбона. Перекрываются осадками верхне-

татарского подъяруса, за исключением отдельных участков палеодолин, где последние смыты и ниже-татарские отложения вскрыты непосредственно под четвертичными образованиями. В основании прослеживается слой гипса мощностью 0,1-0,2 м., выше которого обычно залегает слой сцементированных, слабо окатанных конгломератов.

Нижнетатарский подъярус представлен пёстроцветной толщей переслаивания неравномерно загипсованных глин, алевролитов. Загипсованность возрастает вверх по разрезу. Мощность отложений возрастает с северо-запада на юго-восток от 23 до 40-44 м.

#### Верхнетатарский подъярус (P<sub>2t2</sub>)

Северодвинский горизонт (P<sub>2sv</sub>) распространён широко за исключением тальвегов палеодолин где он полностью или частично размыт. Северодвинские отложения с размывом залегают на нижнетатарских отложениях и перекрываются красно-цветными глинами нижнего триаса, а в палеодолинах – четвертичными образованиями.

Горизонт представлен пёстроцветными мергелями с прослоями глин. Мощность горизонта увеличивается с запада на восток от 2 до 4,5 м.

### **Триасовая система**

#### **Нижний отдел**

#### **Индийский-Оленекский ярусы T<sub>1i</sub> - T<sub>1o</sub>**

Нижневетлужская подсвета (T<sub>1vt1</sub>) распространена повсеместно за исключением палеодолин. Сложена толщей красновато-коричневых глин с гнёздами и прослоями голубовато-серых. Глины алевроитовые, карбонатизированные. Полная мощность подсветы составляет около 40 м.

### **Четвертичная система**

Четвертичные отложения на рассматриваемой территории сплошь перекрывают эродированную поверхность дочетвертичных пород и представлены ледниковыми, водно-ледниковыми, аллювиальными озёрными, и болотными образованиями.

Максимальная амплитуда древнего вреза составляет 70-75 м. Мощность четвертичного покрова на водораздельных массивах обычно не превышает 40-50 м., в палеодолинах увеличивается до 80-100 м., а на отдельных участках Шишковской возвышенности достигает 140 м.

В составе четвертичных образований преобладают ледниковые, водно-ледниковые и озёрные осадки московского времени. Значительно меньшим развитием пользуются аллювиальные озёрные и болотные отложения микулинского и голоценового возраста.

## **Среднечетвертичные отложения**

### Московский горизонт

#### Нижнемосковский подгоризонт.

Ледниковые отложения - морена (gIIms<sub>1</sub>) развиты повсеместно, залегают на красноцветных породах триаса и перми. Сложены в основном суглинками красно-бурого цвета песчанистыми, очень плотными, с включением до 20 % обломочного материала, встречаются отторженцы триасовых и юрских глин. Мощность морены изменяется от 10-20 м – на водоразделах, до 50 – 60 м – в палеодолинах.

#### Нижнемосковский-верхнемосковский подгоризонты

Водно-ледниковые, аллювиальные, озерные и болотные отложения (f,lg,IIIms<sub>1-3</sub>) разделяют две московские морены, распространены повсеместно. Отложения представлены переслаиванием песков, глин, алевролитов и суглинков. В пониженных участках мощность достигает 20-30 м и более; вне понижений обычно составляет 5-8 м.

#### Верхнемосковский подгоризонт

Ледниковые отложения - морена (gIIms<sub>3</sub>) распространена повсеместно, образуя основные положительные формы рельефа – гряды и возвышенности. Характерно наличие большого количества скоплений песчаного, песчано-гравийного, валунно-галечного материала. Мощность морены составляет 40 м, сокращаясь до 1-2 м и менее.

Водно-ледниковые отложения озон и камов (os,kamIIms) выделены в районе Шишковской возвышенности и в центральной части района работ. Они слагают округлые, глубоко погружённые в верхнемосковскую морену, имея с ней резко выраженные контакты. Размеры тел в плане от 1-2 км до 4-5 км. Представлены песками мелкозернистыми до грубозернистых, серого или желтовато-серого цвета с включением (иногда до 40 %) гравия, гальки и валунов. Мощность измеряется первыми десятками метров и достигает на отдельных холмах 80-90 м.

## **Верхнечетвертичные отложения**

### Валдайский надгоризонт

#### Нижневалдайский горизонт

Ледниковые отложения-морена (gIIIv<sub>1</sub>) развита спорадически. В центральной части описываемой территории морена выходит на поверхность, севернее перекрывается нижневалдайскими водно-ледниковыми отложениями или современными образованиями. Представлена моренными суглинками с содержанием гравийно-галечникового материала и валунов (до 40%). Мощность валдайской 2-5 м. достигает 8 м.

Водно-ледниковые отложения времени отступления ледника (f,lg<sup>S1-3</sup>Шv<sub>1</sub>) обширные поля этих отложений оконтуривают и разделяют озёрные и речные поймы всех крупных рек района и в виде отдельных небольших полей выделяются на водоразделах. Отложения представлены, главным образом, тонкими слюдистыми супесями светло-коричневого или желтовато-бурого цвета. Значительно реже встречаются мелкозернистые пески, обычно желтовато-серые. Мощность отложений обычно 9-11 м.

#### Средневалдайский и верхневалдайский горизонты.

Аллювиальные и озёрные отложения первой надпойменной террасы (a,IIIv<sub>2-3</sub>) прослеживаются в долинах рек Мологи и Уйвешь. Представлены супесями и песками серыми и желтовато-серыми, тонкозернистыми, глинистыми. Мощность отложений от 1-2 м. до 2,6 м. Отложения эти отнесены к первой надпойменной террасе условно. Не исключено, что они могут быть водно-ледниковыми отложениями, связанными с более поздним этапом отступления ранневалдайского ледника.

Современные отложения занимают около половины площади описываемой территории. Представлены аллювиальными, озёрными и болотными отложениями, развитыми на широких поймах всех крупных рек и озёровидных пойменных расширениях, на поймах мелких рек, а также в небольших понижениях на водоразделах.

Аллювиальные и озёрные отложения (a,IVh<sub>1</sub>) слагают поймы и озёровидные расширения всех крупных рек и их притоков. Обычно разрез пойм представлен супесями и суглинками с подчинёнными прослоями песка и торфа. Мощность отложений от 2-3 до 5,3 м.

Болотные образования (hIVh<sub>1</sub>) представлены торфами разного состава. Ими заняты значительные площади озёровидных расширений и обширные пространства пониженных участков. Мощность обычно не превышает 2 м., на отдельных участках достигает 6 м. Залегает в основном на современных аллювиальных и озёрных отложениях.

### 1.3. Гидрогеологическое строение территории работ

Изучаемая территория расположена в северо-западной части Московского артезианского бассейна. Совокупность климатических и геологических факторов обеспечивает непростые гидрогеологические условия.

Сеть современных речных русел, озер и других поверхностных водостоков развита на территории слабо.

Фильтрационные свойства четвертичных отложений характеризуются неоднородностью, как в плане, так и в разрезе, что объясняется неоднородностью литологического состава слагающих толщ.

В соответствии с геологическим строением в районе работ выделяются следующие гидрогеологические подразделения (рис. 1.3 и 1.4):

- воды современных болотных отложений (hIV);
- современный аллювиально-озёрный водоносный комплекс (a,IV);
- верхнечетвертичный аллювиально-озёрный водоносный горизонт (a,III);
- валдайский надморенный водно-ледниковый водоносный горизонт (f,lg<sup>S</sup>IIIv);
- воды спорадического распространения в нижневалдайской морене (gIIIv<sub>1</sub>);
- московско-валдайский водно-ледниковый водоносный горизонт (f,lgII-IIIms-v);
- воды в верхнемосковских озах и камах (os,kamIIms<sub>3</sub>);
- воды спорадического распространения в верхнемосковской морене (gIIms<sub>3</sub>);
- нижне-верхнемосковский водно-ледниковый водоносный комплекс (f,lgIIms<sub>1-3</sub>);
- нижнемосковский водоупор (gIIms<sub>1</sub>);
- нижневетлужский водоупор (T<sub>1</sub>vt<sub>1</sub>);
- воды спорадического распространения в нижнетатарских отложениях (P<sub>2</sub>t<sub>1</sub>);
- гжельско-ассельский водоносный горизонт (C<sub>3</sub>g-P<sub>1</sub>a);
- щёлковский водоупор (C<sub>3</sub>šč);
- касимовский водоносный горизонт (C<sub>3</sub>ksm);
- кревьякинский водоупор (C<sub>3</sub>kr);
- подольско-мячковский водоносный горизонт (C<sub>2</sub>pd-mč);
- верейский водоупор (C<sub>2</sub>vr).

## Условные обозначения



### I. Водоносные горизонты, водоупоры

- hIV  
Воды современных болотных отложений.  
Торф, пески, глины.
- aIV  
Современный аллювиально-озёрный водоносный комплекс.  
Супеси, пески, глины, суглинки.
- f,lgIIIv  
Валдайский надморенный водно-ледниковый водоносный горизонт.  
Супеси, пески, глины.
- gIIIv  
Воды спорадического распространения в нижневалдайской морене.  
Грубые моренные суглинки с линзами песка и гравия.
- f,lgII-IIIms-v  
Московско-валдайский водно-ледниковый водоносный горизонт.  
Пески, гравий, галька.
- os,kamIIms<sub>3</sub>  
Воды в верхнемосковских озах и камах.  
Пески с многочисленными включениями гравия и гальки.
- gIIms<sub>3</sub> Только на разрезе  
Воды спорадического распространения в верхнемосковской морене.  
Моренные суглинки с гнёздами тонкозернистых глинистых песков.
- f,lgIIms<sub>1,3</sub>  
Нижне-верхнемосковский водно-ледниковый водоносный комплекс.  
Разнозернистые глинистые пески с включением гравия.
- gIIms<sub>1</sub> Только на разрезе  
Нижнемосковский водоупор.  
Грубые моренные суглинки с включением гальки и валунов.

### II. Водоупоры

28208621-f,lgIIms<sub>1,3</sub>  
 $\frac{2,78}{13,0} \bigcirc \frac{6,5}{0,24}$   
 Скважина. Вверху - номер по первоисточнику и индекс водоносного горизонта.  
 Цифры: слева в числителе - дебит л/сек, в знаменателе - понижение, м; справа в числителе - глубина установившегося уровня воды, м, в знаменателе - минерализация воды, г/дм<sup>3</sup>.

### III. Химические типы подземных вод (по преобладающим анионам).

- Воды гидрокарбонатные
- Воды сульфатные

### IV. Дополнительные обозначения

- Границы распространения водоносных горизонтов
- Линии гидрогеологических разрезов

Рисунок 1.3 Гидрогеологическая карта четвертичных отложений участка работ масштаба 1:50000

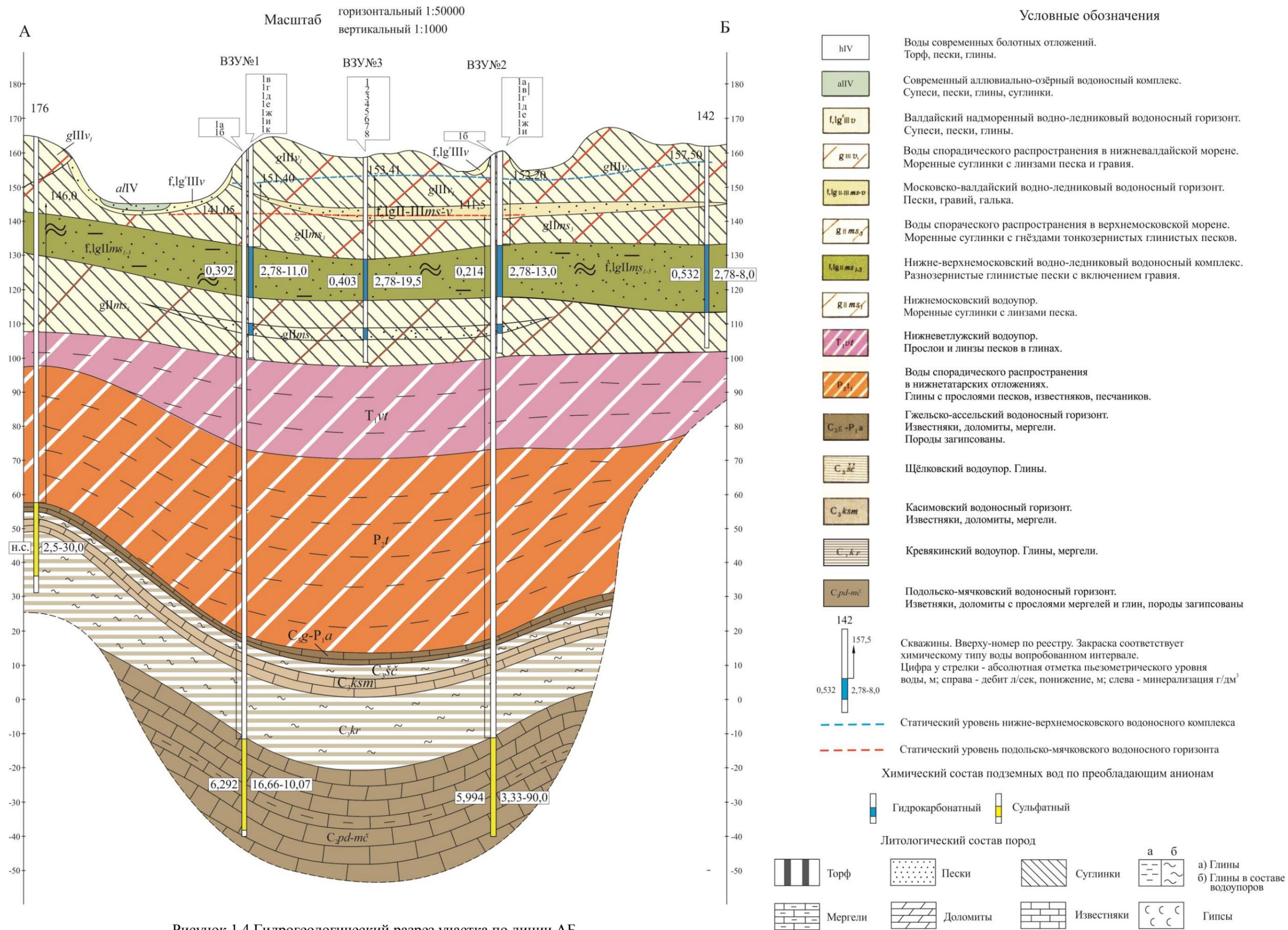


Рисунок 1.4 Гидрогеологический разрез участка по линии АБ

Воды современных болотных отложений (hIV) широко развиты в пределах территории района. Водовмещающей породой является торф различной степени разложения. Мощность обводнённых торфяников изменяется от долей метра до 5,9 м.

Воды торфяников безнапорные, залегают на глубине 0-0,4 м. По данным откачек дебиты скважин составляют 0,0004-2,7 л/сек. при понижениях до 1.1 м.

Воды болотных отложений мутные, буроватого цвета, с болотным запахом, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с общей минерализацией 0,1-0,5 г/дм<sup>3</sup> и общей жёсткостью 1,68-8,26 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Дренируются торфяники реками и озёрами. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения воды торфяников не пригодны.

Современный аллювиально-озёрный водоносный комплекс (a,IV) широко развит в пределах пойм крупных рек, их притоков и озёр. Водовмещающие породы представлены супесями, суглинками. Мощность отложений составляет 2-5,3 м. Воды комплекса безнапорные с глубиной залегания в меженный период от 0 до 2 м.

Водообильность комплекса невелика. Дебиты опробованных скважин изменяются от 0,001 до 0,03 л/сек. при понижении уровня на 1,0-2,1 м.

Воды комплекса преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с общей минерализацией 0,2-0,5 г/дм<sup>3</sup>, общей жёсткостью 2,9-8.0 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Питание комплекса происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков. В качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения комплекс не используется.

Верхнечетвертичный аллювиально-озёрный водоносный горизонт (a,III) в пределах района работ развит в виде узких полос в долине реки Мологи, где он приурочен к отложениям первой надпойменной террасы. Водовмещающие породы представлены супесями, тонкозернистыми глинистыми песками, реже песчанистыми суглинками. Мощность горизонта от 1-2 до 2,6 м. Воды грунтовые с глубиной залегания 0,3-1,7 м.

Сведения о водообильности горизонта отсутствуют, для водоснабжения он практически не используется из-за весьма ограниченного распространения.

Валдайский надморенный водно-ледниковый водоносный горизонт (f.lg<sup>S</sup>IIIv) имеет широкое распространение. Водовмещающие породы представлены тонкими супесями. Мощность горизонта изменяется от 0,2 до 9,5 м.. Горизонт содержит безнапорные воды с глубиной залегания 0,2-7,4 м. Дебиты скважин около 0,001 л/сек при понижении до 2,4 м

Воды преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,3-0,8 г/дм<sup>3</sup> и общей жёсткостью 5,4-11,59 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Питание горизонта осуществляется в основном за счёт инфильтрации атмосферных осадков, перетоков из нижележащих напорных водно-ледниковых водоносных горизонтов.

Разгрузка идёт в реки, озёра в верхнечетвертичный аллювиально-озёрный водоносный горизонт. Воды горизонта широко используются для хозяйственно-питьевых нужд населения района. Они эксплуатируются многочисленными колодцами глубиной 3-9 м.

Воды спорадического распространения в нижневалдайской морене (gIIIv<sub>1</sub>) распространены в виде отдельных массивов в пониженных частях рельефа. Водовмещающие породы представлены гнёздами песков, среди грубых моренных суглинков. Мощность горизонта достигает 7,9 м, в основном 2-5 м. Воды в основном безнапорные с глубиной залегания 1-10 м. Дебиты колодцев изменяются от 0,001 до 0,01 л/сек при понижениях уровня воды на 0,7-1,0 м.

Химический состав весьма разнообразен от гидрокарбонатного натриево-кальциевого вблизи озёр, до сульфатно-кальциевого на западе района.

Питание преимущественно за счёт инфильтрации атмосферных осадков и подтока из озово-камовых отложений в местах их распространения. Разгрузка происходит за счёт перетекания в валдайский надморенный водно-ледниковый водоносный горизонт.

Воды морены эксплуатируются колодцами глубиной 6-12 м. и используются населением для хозяйственных и питьевых нужд.

Московско-валдайский водно-ледниковый водоносный горизонт (f,lgII-IIIms-v) развит в долинах крупных рек и небольшими участками заходит на водоразделы в восточной и центральной частях района. Водовмещающие породы представлены мелкозернистыми песками с включением гравия и гальки. Мощность горизонта от 0,6 до 19,6 м. Глубина залегания уровня от 0,1 до 4,4 м. Дебиты скважин от 0,01 до 2,2 л/сек. при понижениях уровня воды на 0,6-12,9 м.

Воды гидрокарбонатные магниевые и гидрокарбонатные магниевые с общей минерализацией 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>, общей жёсткостью 4,37-8,06 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Питание происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков и подтока из смежных водоносных горизонтов. Разгружается горизонт в основном в долины рек.

Воды в верхнемосковских озах и камах (os,kamIIms<sub>3</sub>) распространены на отдельных участках западной, центральной и юго-восточной частях района. Водовмещающие породы представлены мелкозернистыми песками с многочисленными включениями гравия, гальки, глины и супесей. Мощность отложений изменяется в широких пределах от 5-10 и до 80-90 м. на отдельных участках Шишковского поднятия на востоке района. Воды в основном безнапорные с глубиной залегания уровня от 0,4 до 23 м.

Дебиты скважин и колодцев эксплуатирующих воды озово-камовых отложений изменяются от 0,0004 до 1,7 л/сек. при понижениях 1-18 м. Коэффициент водопроницаемости изменяется от 1,5 до 29 м<sup>2</sup>/сутки.

Воды по химическому составу гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с общей минерализацией 0,2-0,8 г/дм<sup>3</sup>, и общей жёсткостью 1,8-9,9 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Воды спорадического распространения в верхнемосковской морене (gIIms<sub>3</sub>) широко распространены на территории района, приурочены к линзам и гнездам тонкозернистых песков. Мощность морены изменяется от 1-2 м. в пониженных частях до 40 м. на водоразделах. Глубина залегания уровня подземных вод от 1,5 до 17,4 м.

Водообильность морены очень низкая, дебиты скважин изменяются от 0,00006 л/сек иногда достигая 0,3 л/сек, при понижениях уровня воды на 1-2,8 м. Дебиты колодцев изменяются в пределах 0,006-0,2 л/сек, при понижении на 0,7-1,2 м.

Воды морены преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с общей минерализацией 0,3-0,6 г/дм<sup>3</sup> и общей жёсткостью 2,8-16,7 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Питание горизонта осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, перетекания из вышележащих водоносных горизонтов и подтока из нижних водоносных горизонтов. Разгрузка осуществляется в эрозионных врезках. Воды используются для водоснабжения населения при помощи колодцев глубиной 6,6-18,3 м.

Нижне-верхнемосковский водно-ледниковый водоносный комплекс (f,lgIIms<sub>1-3</sub>) представлен разнозернистыми песками, глинистыми с включениями гравия. Общая мощность комплекса изменяется от 1 до 29 м. Кровля горизонта расположена на глубинах до 34,4 м. Водоупорным перекрытием, на большей части территории служат суглинки верхнемосковской морены. Подстиляется комплекс толщей среднемосковских озёрных глин, либо суглинками нижнемосковской морены. Водоносный комплекс напорный. Глубина установившегося уровня изменяется от 0,05 до 12 м.

Дебиты скважин и колодцев изменяются от 0,25 до 1,7 л/сек. при понижениях уровня воды на 1,1-25 м; удельные дебиты составляют 0,004-0,32 л/сек. Коэффициент водопроницаемости отложений в основном невысокий и составляет 0,2-9,2 м<sup>2</sup>/сутки.

Воды комплекса преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с общей минерализацией 0,1-0,6 г/дм<sup>3</sup> и общей жёсткостью до 7 мг-экв/дм<sup>3</sup>, рН 6-8,4.

Питание комплекса происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков, вероятно подпитка из нижележащих дочетвертичных водоносных горизонтов. Разгрузка осуществляется в долинах озёр и рек. Воды комплекса широко используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения с помощью колодцев и скважин.

Нижемосковский водоупор ( $g\Pi ms_1$ ) развит повсеместно. В состав водоупора входят нижемосковская морена и озёрно-ледниковые отложения времени отступления раннемосковского ледника, залегающие в глубоких врезках палеодолин.

Морена, представлена очень плотными грубопесчаными суглинками с включением до 20% плохо сортированного обломочного материала от гравия до валунов. Опесчаненность морены очень низкая, поэтому её можно рассматривать как водоупор. Общая мощность нижемосковского водоупора изменяется от 30 до 75 м.

Нижеветлужский водоупор ( $T_1vt_1$ ) развит по всей площади района работ и приурочен к нижеветлужской подсерии нижнего триаса. Отложения представлены однообразной толщей пёстроцветных глин. Глины алевритовые, карбонатизированные, слабо трещиноватые. Кровля водоупора залегает на глубинах от 38 до 133 м. Мощность водоупора изменяется от 2 до 40,8 м., преобладает – 25 м.

За региональный водоупор на рассматриваемой территории условно принимается комплекс вышеперечисленных водоупоров:  $g\Pi ms$  и  $T_1vt$ . Общая мощность этих отложений изменяется от 35 м. до 70 м. в северо-восточном направлении. Условно выделяемый водоупор разделяет воды четвертичных и дочетвертичных (пермских и каменноугольных) горизонтов, обеспечивая напорный характер .

На водораздельных участках уровни подземных вод дочетвертичных горизонтов устанавливаются на 2-34 м. ниже уровней грунтовых вод, в долинах рек наблюдается обратная картина – уровни дочетвертичных водоносных горизонтов выше на 2-6 м.

Воды спорадического распространения в нижнетатарских отложениях ( $P_{2t_1}$ ) имеют повсеместное распространение и представлены отложениями северодвинского горизонта верхне и нижнетатарского подъярусов. Водовмещающие породы представлены прослоями и линзами алевролитов и песчаников, в толще алевритовых и алевритистых глин. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород составляет 0,2-0,3 м/сутки. Мощность отложений возрастает в юго-восточном направлении от 23 до 40-44 м.

Высота напора подземных вод 76-107 м. Глубина установившегося уровня от 4,9-16,0 м. на водоразделах до самоизлива на высоту 0,5-5,5 м. в долинах рек Молога и Уйвешь.

Дебиты скважин составляют 0.1-2,8 л/сек. при понижениях уровня на 3-30 м. Коэффициент водопроницаемости изменяется от 2,2 до 18,6 м<sup>2</sup>/сутки. Коэффициент пьезопроводности –  $2,75 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup>/сутки, упругой водоотдачи –  $3 \cdot 10^{-4}$ .

По химическому составу воды сульфатные магниевые-кальциевые, кальциево-магниевые, сульфатные натриевые, хлоридно-сульфатные магниевые-натриевые, сульфатно-хлоридные магниевые-кальциевые. Минерализация изменяется от 2,8 до 10 г/

дм<sup>3</sup>, увеличиваясь с юго-запада на северо-восток. Общая жёсткость изменяется от 7 до 56 мг-экв/ дм<sup>3</sup>.

Питание осуществляется на междуречных пространствах за счёт перетока из вышележащих четвертичных отложений, разгрузка происходит в долинах рек и на участках палеодолин прорезающих спорадически обводнённую толщу. Воды эксплуатируются весьма ограниченно на юге и востоке района.

Гжельско-ассельский водоносный горизонт (C<sub>3g</sub>-P<sub>1a</sub>) распространён в восточной части района. Водовмещающие породы представлены известняками и доломитами. Мощность отложений не превышает 10 м. Глубина установившегося уровня около 9 м.

Водообильность горизонта низкая. Дебит скважин не превышает 0,5 л/сек. при понижении уровня воды на 43 м.

Воды пресные с минерализацией 0,3 г/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и общей жёсткостью 4,8 мг-экв/ дм<sup>3</sup>.

Питание горизонта на большей части междуречных пространств осуществляется за счёт перетекания вод из четвертичных отложений, разгрузка происходит в долинах рек. Воды горизонта для питьевого водоснабжения практически не используются.

Щёлковский водоупор (C<sub>3sc</sub>) распространён на востоке территории. В составе отложений преобладают пёстроцветные глины, плотные, известковистые с тонкими прослоями мергелей и алевроитов. Мощность отложений 2-3 м.

Касимовский водоносный горизонт (C<sub>3ksm</sub>) распространён повсеместно. Водовмещающие породы представлены известняками, доломитами с прослоями мергелей и глин мощностью до 23 м.

Воды напорные с высотой напора до 110-123 м. Глубина залегания установившегося уровня воды колеблется от 4,5 до 20 м.

Общая минерализация подземных вод горизонта изменяется от 0,3 до 7,6 г/ дм<sup>3</sup>. В северо-западной и центральной частях территории воды имеют меньшую минерализацию 2,8-3,2 г/ дм<sup>3</sup>, становясь пресными с минерализацией до 0,3 г/ дм<sup>3</sup>. Пресные воды по химическому составу гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с общей жёсткостью до 5,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>. С погружением пород к северо-востоку и востоку района минерализация подземных вод возрастает. Воды приобретают хлоридно-сульфатный магниевый-натриевый состав с минерализацией 7,6 г/дм<sup>3</sup> и общей жёсткостью до 58,7 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Питание горизонта происходит на водораздельных участках северо-запада, запада и центра района, разгрузка в четвертичные палеодолины и русла рек.

Водоносный горизонт в пределах района используется ограниченно в основном для хозяйственных нужд из-за повышенной минерализации.

Кревякинский водоупор (C<sub>3kr</sub>) имеет повсеместное распространение и приурочен к верхней части кревякинского горизонта верхнего карбона. Представлен алевритоподобными глинами, плотными, известковистыми, мергелями пёстроцветными, плотными загипсованными. Мощность отложений в пределах 2,3-18,5 м.

Подольско-мячковский водоносный горизонт (C<sub>2pd-mc</sub>) распространён повсеместно и приурочен к мячковскому и подольскому горизонтам среднего карбона. Водовмещающие породы представлены в основном известняками (коэффициент фильтрации 0,25 м/сутки) мощностью до 11,8 м. В кровле горизонта залегают кревякинские глины в подошве – верейские глины.

Воды горизонта напорные. Высота напора достигает 133 м., глубина установившегося уровня воды в пределах 27 м.

Водообильность горизонта небольшая. Дебиты скважин в пределах 1,4 л/сек. при понижении уровня воды на 31 м., коэффициент водопроницаемости около 5,6 м<sup>2</sup>/сутки.

Воды горизонта сульфатные магниевые-кальциевые с минерализацией 3,4 г/дм<sup>3</sup>, общей жёсткостью 43 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В юго-восточном направлении по мере погружения пород увеличивается минерализация воды и меняется её химический состав. Воды становятся хлоридно-сульфатными магниевыми-натриевыми с минерализацией 6,9 г/дм<sup>3</sup>.

Питание горизонта происходит на водораздельных участках рек, разгружается горизонт в их долинах.

Для питьевого водоснабжения горизонт не пригоден.

## 2. Интерпретация результатов опытно-фильтрационных работ

### 2.1. Методика и объемы выполненных опытно-фильтрационных работ

Водозабор ООО «Коралл» расположен в районе деревни Викторово в 17 км восточнее г. Бежецка и состоит из трёх водозаборных узлов (ВЗУ №№ 1, 2 и 3) (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 Схема водозабора ООО «Коралл» масштаба 1:20000

ВЗУ № 1 расположен в 800 метрах южнее деревни Викторovo, состоит из пяти скважин (рис. 2.2): четырех центральных 1в, 1г, 1е, 1ж и одной наблюдательной 1д, расположенных на расстоянии 50 м друг от друга. Глубина каждой скважины составляет 60 м. Все скважины имеют однотипную конструкцию.

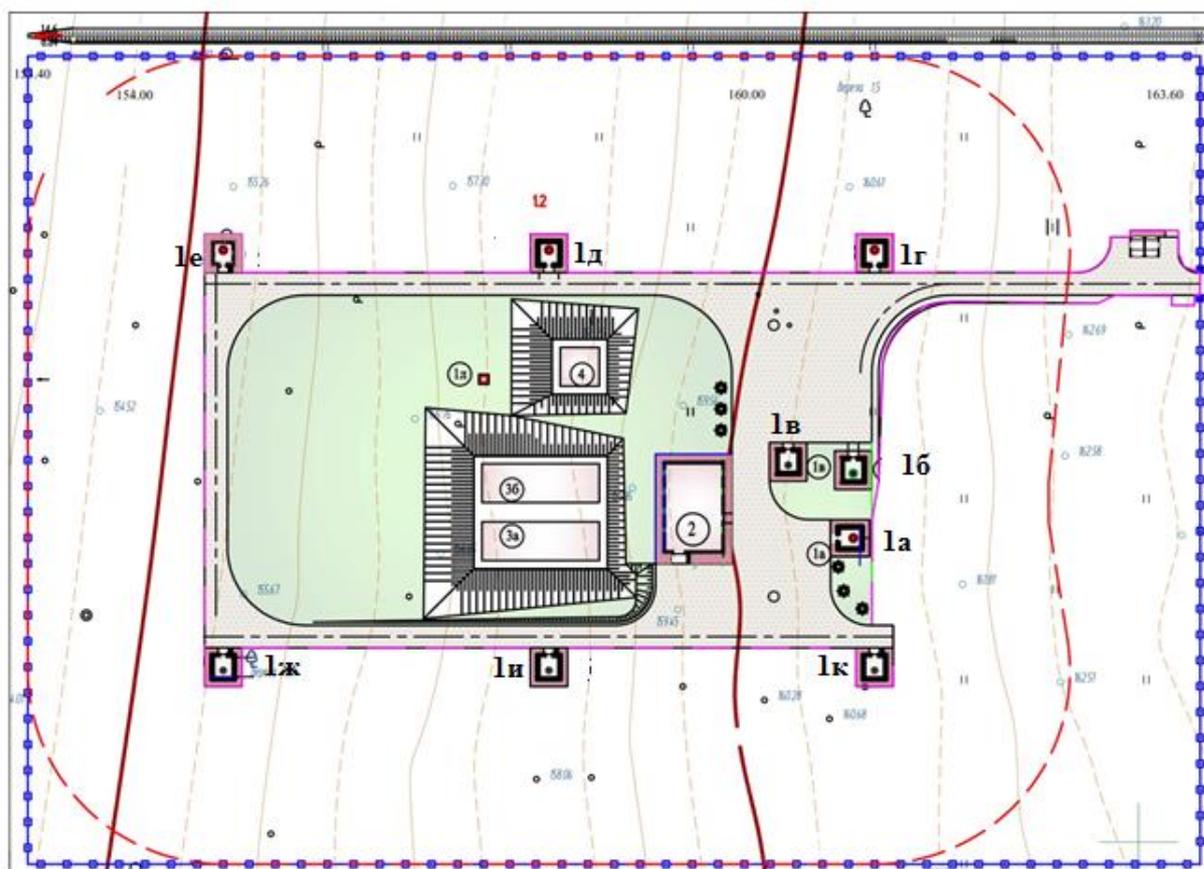
Обсадная колонна диаметром 377 мм установлена в интервале от 0,0 до 30,0 м. Фильтровая колонна диаметром 168 мм. установлена в интервале от +0,5 до 60,0 м. Рабочая часть фильтра в интервалах от 30,0 до 42,0 м приурочена к нижне-верхнемосковскому водно-ледниковому водоносному комплексу (f,lgIIms<sub>1-3</sub>), от 50,0 до 53,0 м к линзе тонкозернистых песков в нижнемосковской морене (gIIms<sub>1</sub>). В качестве фильтра используется металлический каркас диаметром 168 мм. с щелевой перфорацией, обёрнутой латунной сеткой галунного плетения.

ВЗУ № 2 расположен в 1100 метрах юго-юго-западнее д. Алексеевское на расстоянии 1750 метров восточнее ВЗУ №1 и состоит из пяти скважин (рис. 2.3): трех центральных 1 в, 1г, 1д и двух наблюдательных 1а и 1е., глубиной 60,0 м каждая. Скважины расположены в виде прямоугольника на расстоянии 50 м друг от друга.

Обсадная колонна диаметром 377 мм установлена в интервале от 0,0 до 30,0 м. Фильтровая колонна диаметром 168 мм. установлена в интервале от +0,5 до 60,0 м. Рабочая часть фильтра в интервалах от 30,0 до 42,0 м приурочена к нижне-верхнемосковскому водно-ледниковому водоносному комплексу (f,lgIIms<sub>1-3</sub>), от 51,5 до 55,5 м в скважинах 1в, 1г, 1д и 1е и от 50,0 до 53,0 м в скважине 1а к линзе тонкозернистых песков в нижнемосковской морене (gIIms<sub>1</sub>). В качестве фильтра используется металлический каркас диаметром 168 мм. с щелевой перфорацией, обёрнутой латунной сеткой галунного плетения.

ВЗУ № 3 расположен в 1350 м. северо-восточнее деревни Викторovo. Состоит из 7 скважин (рис 2.4): четырех центральных 1, 3, 4, 6 и трех наблюдательных 2, 5 и 7, глубиной 60,0 м, выстроенных в линейный ряд с расстоянием 50 м между каждой.

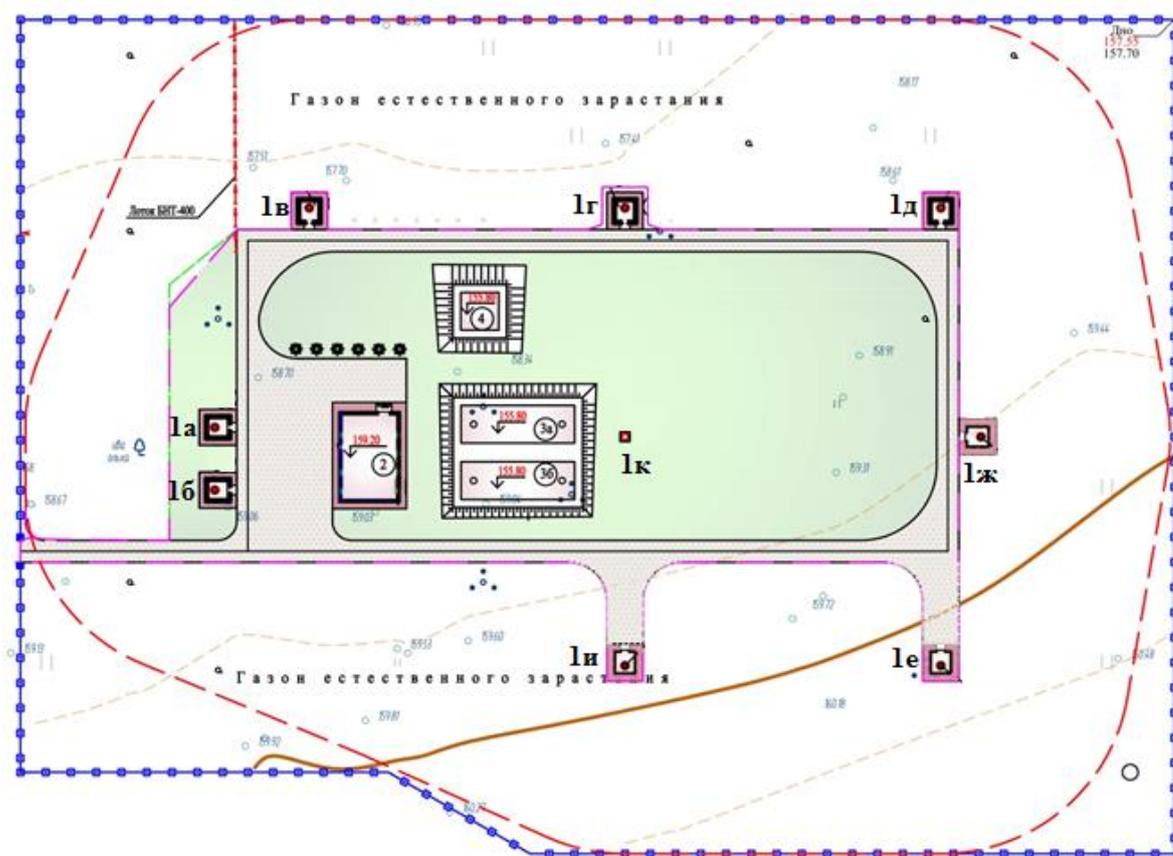
Обсадная колонна диаметром 377 мм установлена в интервале от 0,0 до 30,0 м. Фильтровая колонна диаметром 168 мм. установлена в интервале от +0,5 до 60,0 м. Рабочая часть фильтра в интервалах от 30,0 до 42,0 м приурочена к нижне-верхнемосковскому водно-ледниковому водоносному комплексу (f,lgIIms<sub>1-3</sub>), от 50,0 до 53,0 м к линзе тонкозернистых песков в нижнемосковской морене (gIIms<sub>1</sub>). В качестве фильтра используется металлический каркас диаметром 168 мм. с щелевой перфорацией, обёрнутой латунной сеткой галунного плетения.



Условные обозначения:

- 1а** Скважина в павильоне и её ведомственный номер
-  Границы первого пояса ЗСО
-  Ограждение первого пояса ЗСО
-  Резервуар для хозяйственно-бытовой воды объёмом 320 м<sup>3</sup>
-  Резервуары для технической воды объёмом 100 м<sup>3</sup>
-  Насосная станция второго подъёма

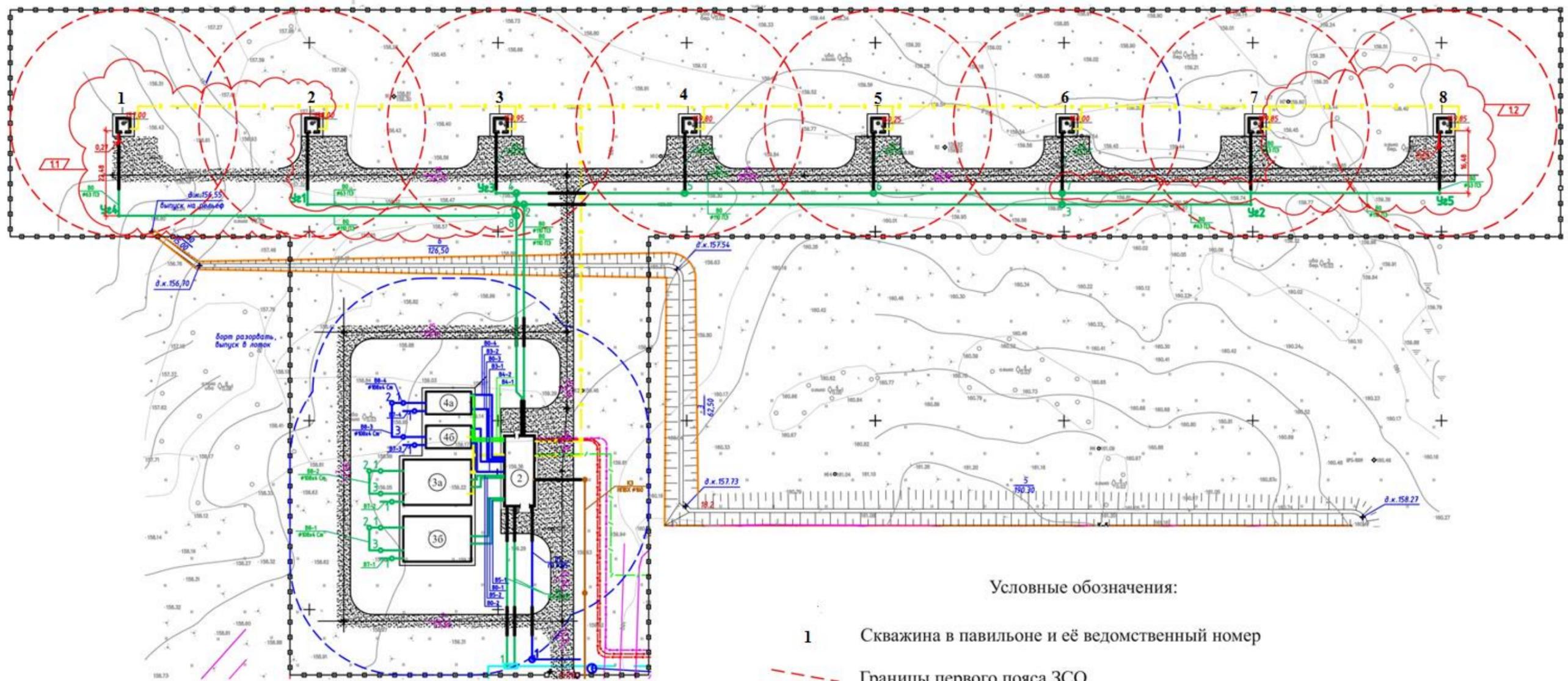
Рисунок 2.2. Схема расположения скважин ВЗУ № 1 масштаб 1:1000



Условные обозначения:

- Ia** Скважина в павильоне и её ведомственный номер
-  Границы первого пояса ЗСО
-  Ограждение первого пояса ЗСО
-  Резервуар для хозяйственно-бытовой воды объёмом 320 м<sup>3</sup>
-  Резервуары для технической воды объёмом 100 м<sup>3</sup>
-  Насосная станция второго подъёма

Рисунок 2.3. Схема расположения скважин ВЗУ № 2 масштаб 1:1000



Условные обозначения:

- 1 Скважина в павильоне и её ведомственный номер
- Границы первого пояса ЗСО
- — — Ограждение первого пояса ЗСО
- 3a Резервуар для технической воды объёмом 680 м<sup>3</sup>
- 4a Резервуар для хозяйственно-бытовой воды объёмом 200 м<sup>3</sup>
- 2 Насосная станция второго подъёма с системой водоочистки

Рисунок 2.4. Схема расположения скважин ВЗУ № 3 масштаб 1:1000

Для определения фильтрационных параметров, необходимых для оценки запасов, на каждом ВЗУ была проведена групповая откачка. В качестве водоподъемных устройств использовались штатные электропогружные насосы Grundfos SP 17, установленные в скважинах на глубине около 35,0 м. Дебит откачек определялся по показаниям водомерных счётчиков, установленных на скважинах. Сброс откачиваемой воды осуществлялся в ливневую канализацию. Замеры уровней выполнялись по стандартной методике электроуровнемером УСК-ТЭ-100.

Длительность всех откачек по трем ВЗУ составила 48 часов: откачки были остановлены по техническим причинам (ливневая канализация не справлялась с объемом откачиваемой воды).

В течение откачек суммарный дебит практически не изменялся и на ВЗУ № 1 составил 47,0 м<sup>3</sup>/час, на ВЗУ № 2 – 33,0 м<sup>3</sup>/час, на ВЗУ № 3 – 44,5 м<sup>3</sup>/час.

## 2.2. Интерпретация результатов опытно-фильтрационных работ

Обработка результатов опытно-фильтрационных работ проводилась в программе ANSDIMAT, разработанной Л.Н. Синдаловским (Синдаловский, 2014).

Для оценки фильтрационных параметров ниже-верхнемосковского водно-ледникового водоносного комплекса ( $f, lg\Pi m_{s_{1-3}}$ ) по результатам опытно-фильтрационных работ (ОФР) были построены индикаторные графики в координатах  $S/\ln t$  (рис. 2.5 – 2.26).

Для ВЗУ № 1 был построен график временного прослеживания (рис. 2.5).

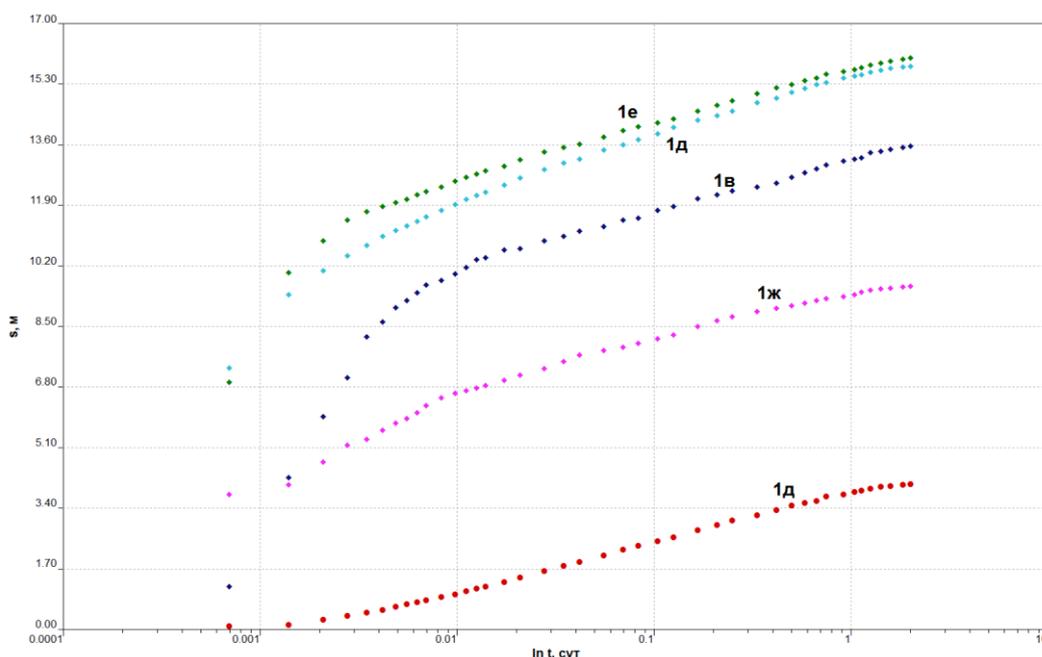


Рисунок 2.5 График временного прослеживания по фактическим замерам понижения уровня на ВЗУ № 1

На графике временного прослеживания понижения уровня для наблюдательной скважины 1д (рис. 2.6) можно выделить три периода: Ia – до 0,004 сут (6 мин), II – от 0,004 до 1,25 сут (6 мин – 30 часов), III – свыше 1,25 сут.

Участок Ia аппроксимируется вогнутой кривой, описываемой собственно решением Тейса (2.1), участок II – прямая линия квазистационарного режима, описываемая решением Джейкоба-Тейса (2.2) (Мироненко, 2001), III – участок, на котором отмечается выполаживание.

$$S(r; t) = -\frac{Q_c}{4\pi T} E_i\left(-\frac{r^2}{4a^*t}\right) \quad (2.1)$$

Где  $S$  – понижение уровня, м;

$r$  – радиальная координата, м;

$t$  – время, сут.;

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

$T$  – водопроницаемость, м<sup>2</sup>/сут;

$a^*$  – пьезопроводность, м<sup>2</sup>/сут.

$$S(r; t) = -\frac{Q_c}{4\pi T} \ln \frac{2,25a^*t}{r^2} \quad (2.2)$$

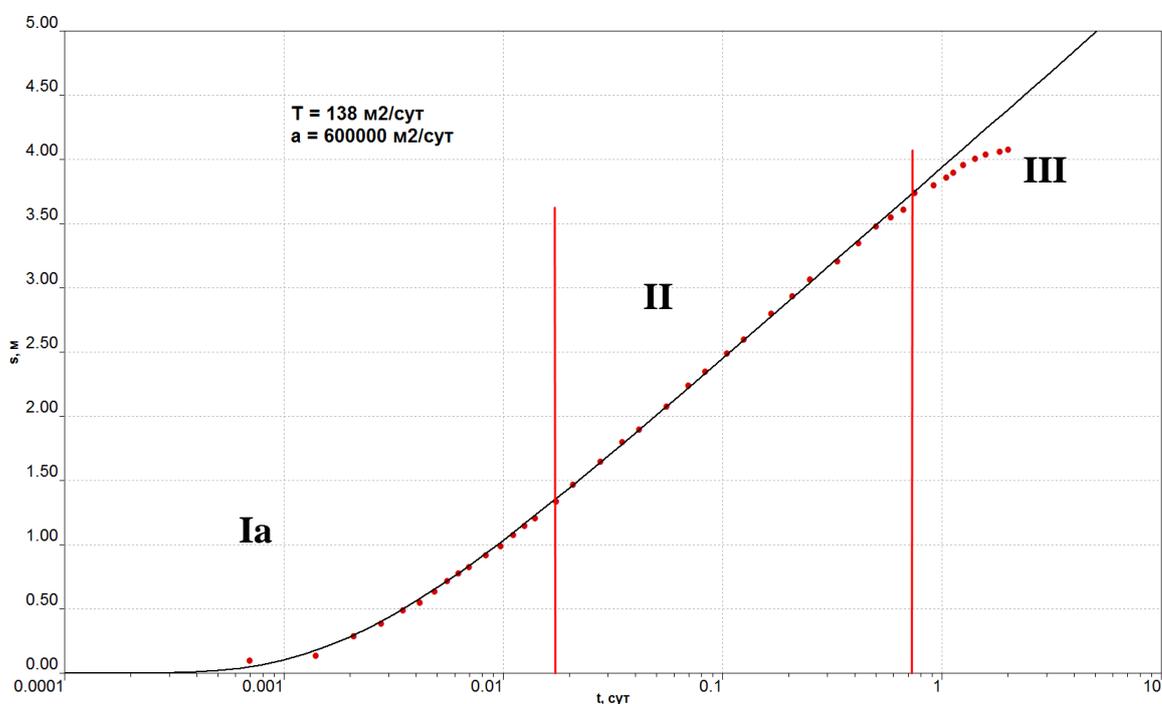


Рисунок 2.6 Наблюдательная скважина 1д, ВЗУ № 1

На графиках для центральных скважин 1в, 1г, 1е и 1ж (рис. 2.7 – 2.10) также присутствуют три периода. Однако период I здесь отличается от графика для наблюдательной скважины 1д и представляет собой не вогнутую кривую Ia, а крутую

«условно прямую» линию Ib. Данный период можно интерпретировать как проявление влияния скин-эффекта в прискважинном пространстве – для него характерны короткое время (6-10 мин) и наличие только в центральных скважинах (Шестаков, 1974).

Таким образом, по наблюдательной скважине были определены и водопроницаемость  $T$ , и пьезопроводность  $a^*$ , а по центральным скважинам лишь водопроницаемость  $T$  (по участкам II).

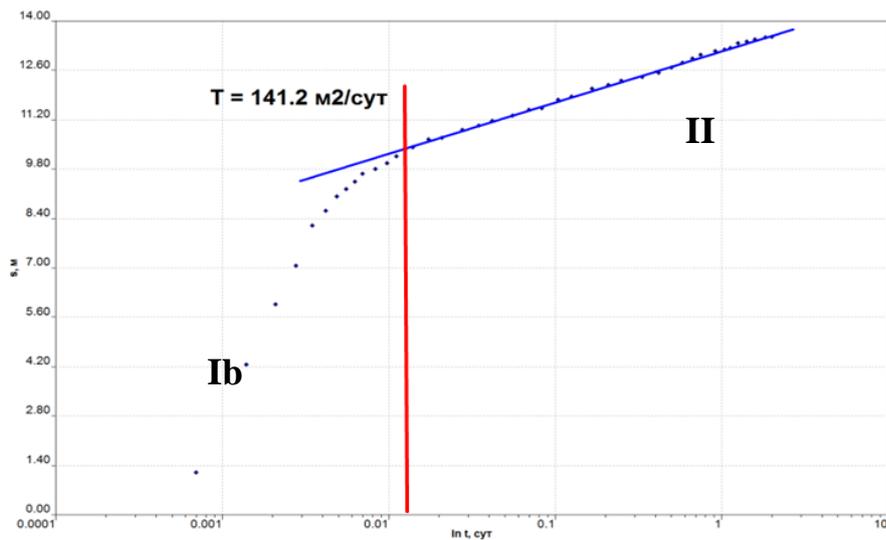


Рисунок 2.7 Центральная скважина 1в, ВЗУ № 1

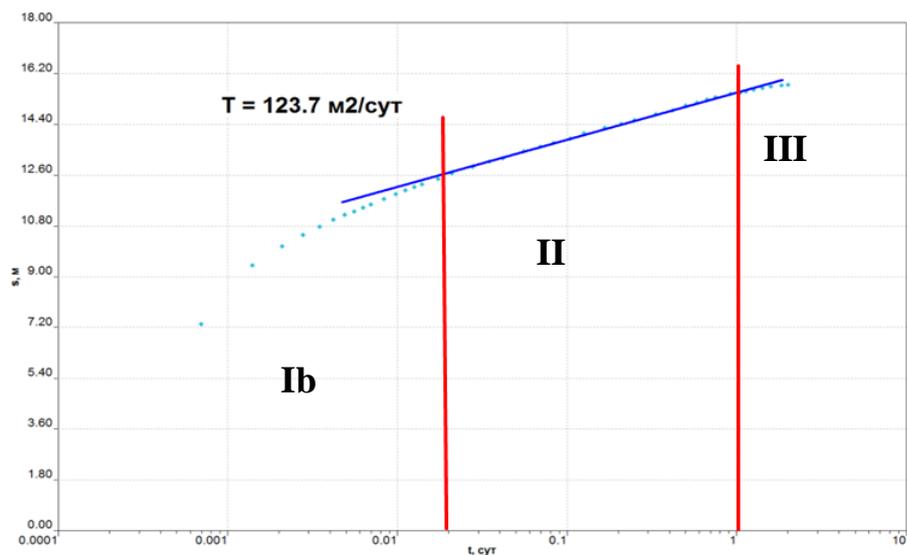


Рисунок 2.8 Центральная скважина 1г, ВЗУ № 1

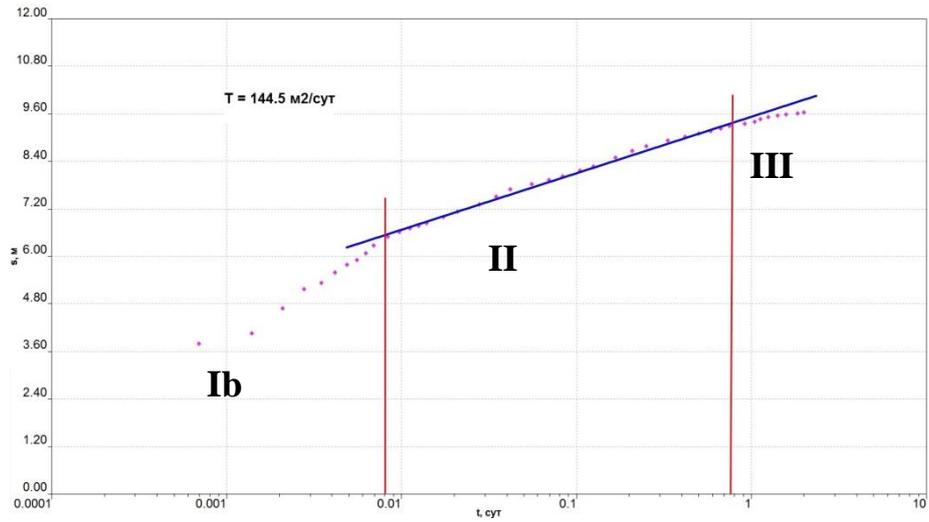


Рисунок 2.9 Центральная скважина 1ж, ВЗУ №1

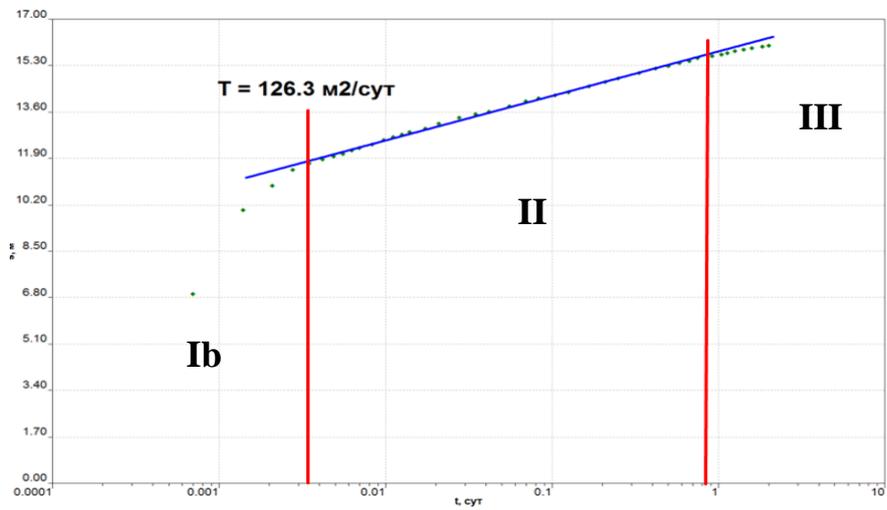


Рисунок 2.10 Центральная скважина 1е, ВЗУ № 1

График временного прослеживания понижения уровней для ВЗУ № 2 по пяти скважинам приведен на рисунке 2.11.

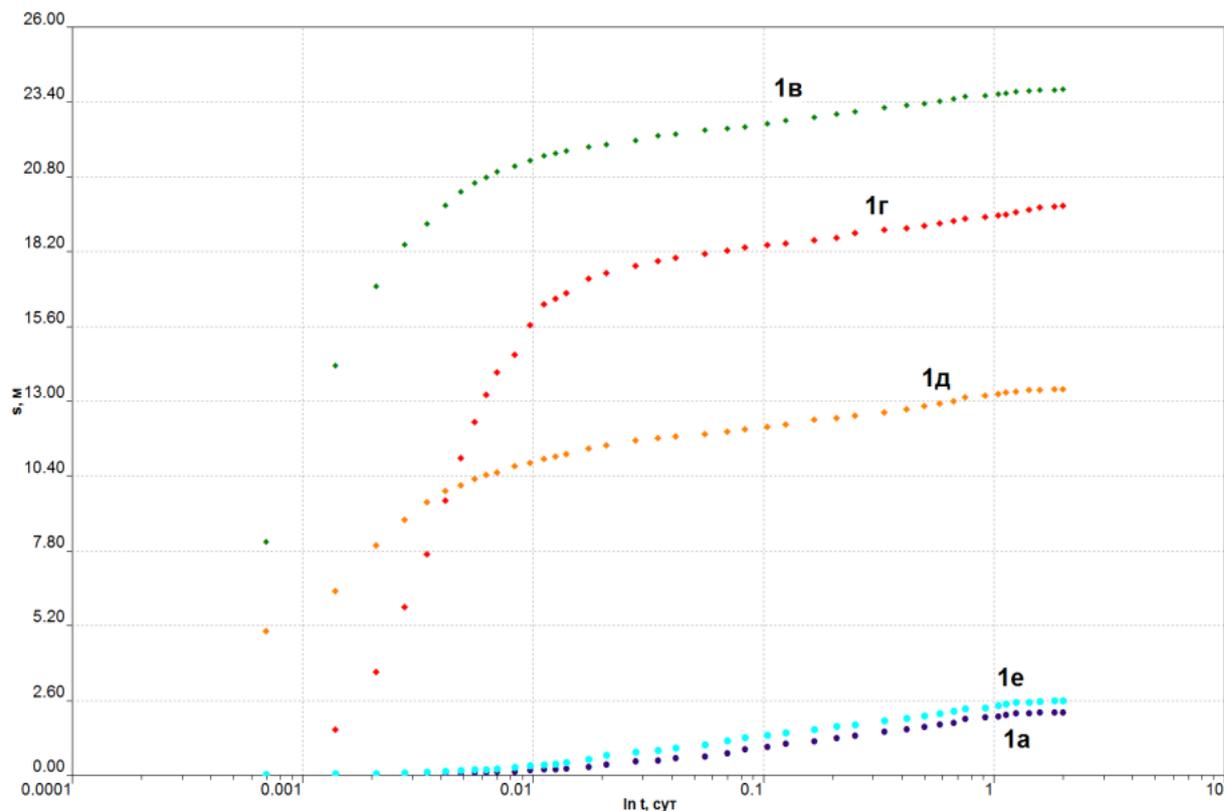


Рисунок 2.11 График временного прослеживания по фактическим данным понижения уровня ВЗУ № 2

Как и для ВЗУ № 1, для данного ВЗУ также были построены отдельные графики временного прослеживания понижения уровней для трех центральных (рис. 2.12 – 2.14) и двух наблюдательных (рис. 2.15 – 2.16) скважин с выделением всех трех (где это возможно) аналогичных периодов (участков).

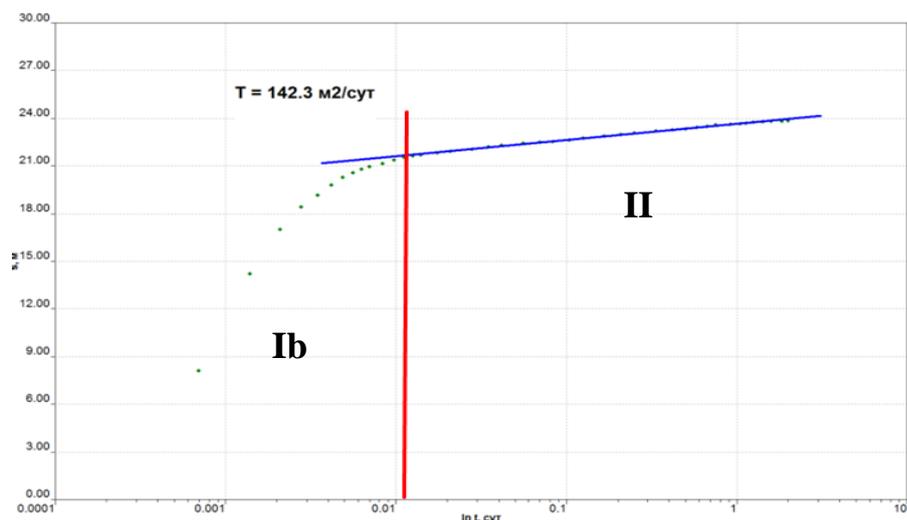


Рисунок 2.12 Центральная скважина 1в, ВЗУ № 2

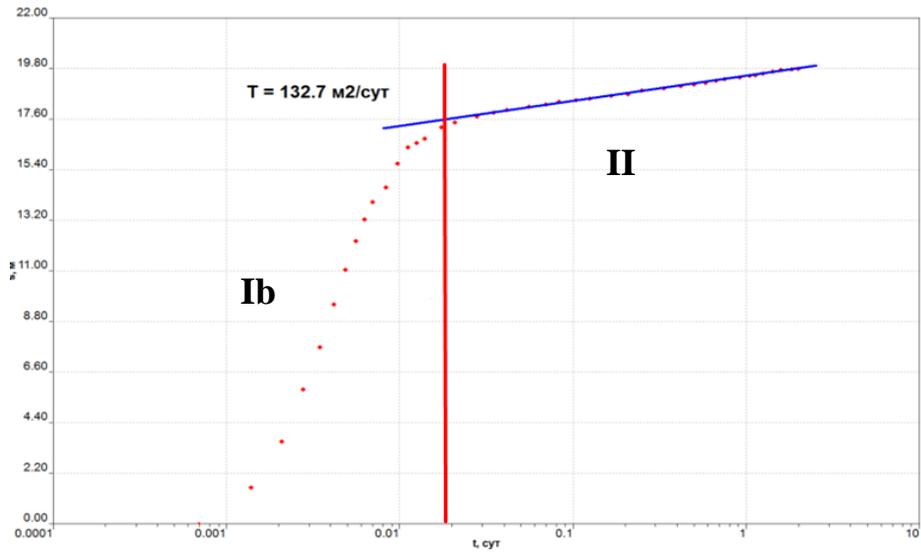


Рисунок 2.13 Центральная скважина 1г, ВЗУ № 2

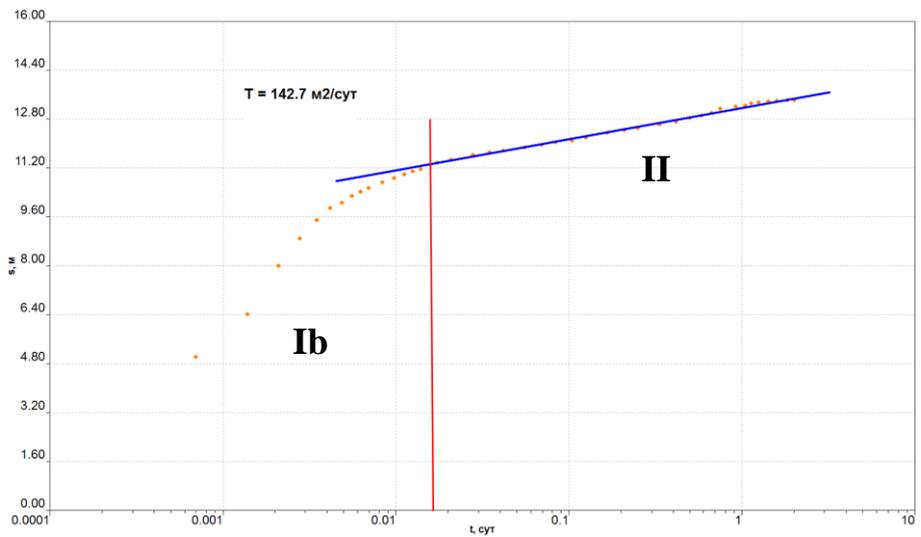


Рисунок 2.14 Центральная скважина 1д, ВЗУ №2

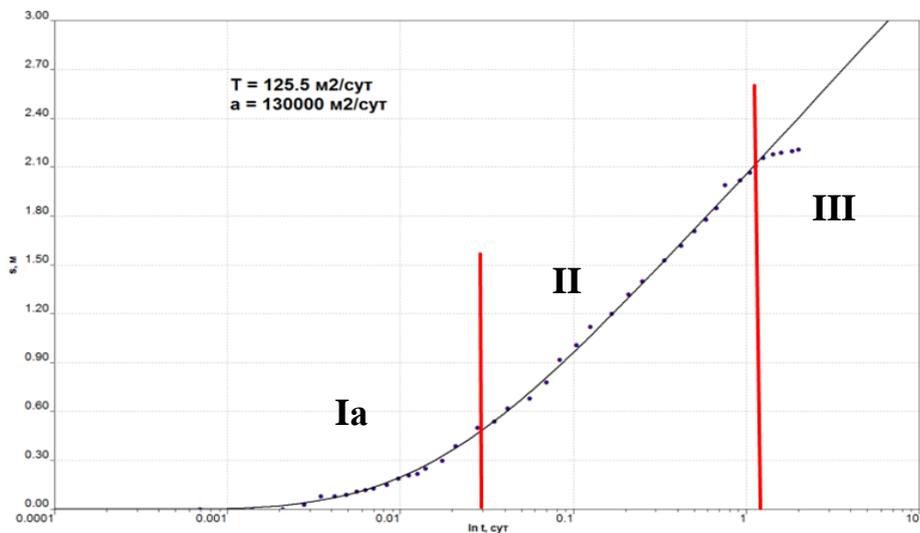


Рисунок 2.15 Наблюдательная скважина 1а, ВЗУ № 2

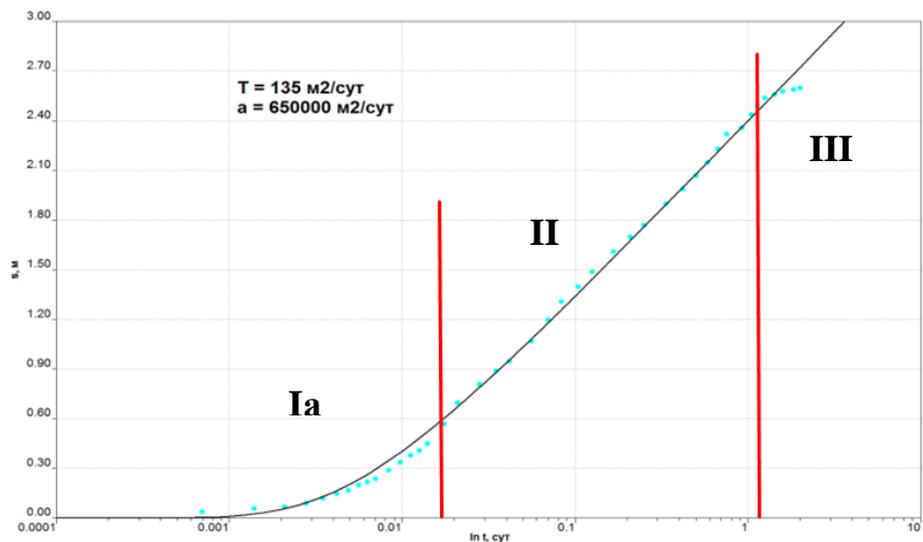


Рисунок 2.16 Наблюдательная скважина 1е, ВЗУ № 2

График временного прослеживания понижения уровня для ВЗУ № 3 по всем семи центральным и наблюдательным скважинам приведен на рисунке 2.17.

На рисунках 2.18–2.21 приведены графики временного прослеживания для четырех центральных скважин с выделением периодов (участков), аналогичных указанным выше, для ВЗУ №№ 1 и 2, а на рисунках 2.22–2.24 – соответствующие графики для трех наблюдательных скважин.

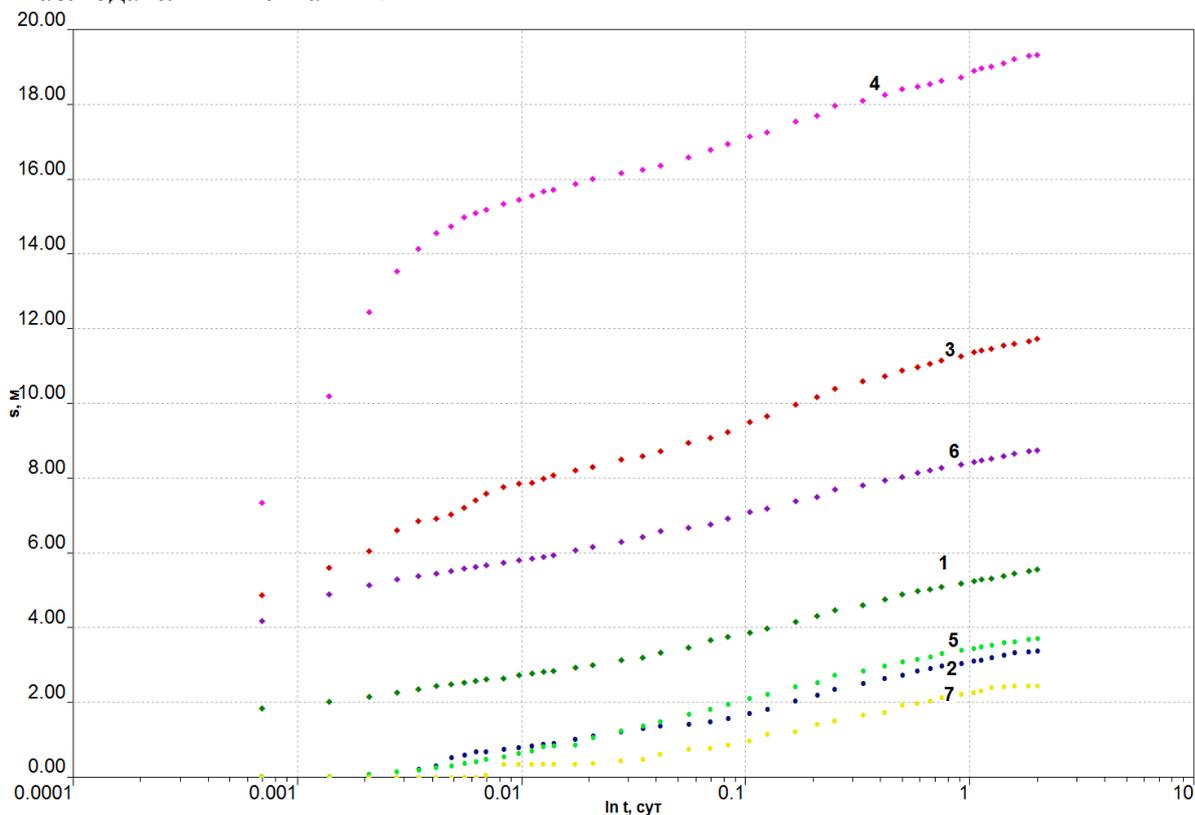


Рисунок 2.17 График временного прослеживания по фактическим данным понижения уровня ВЗУ № 3

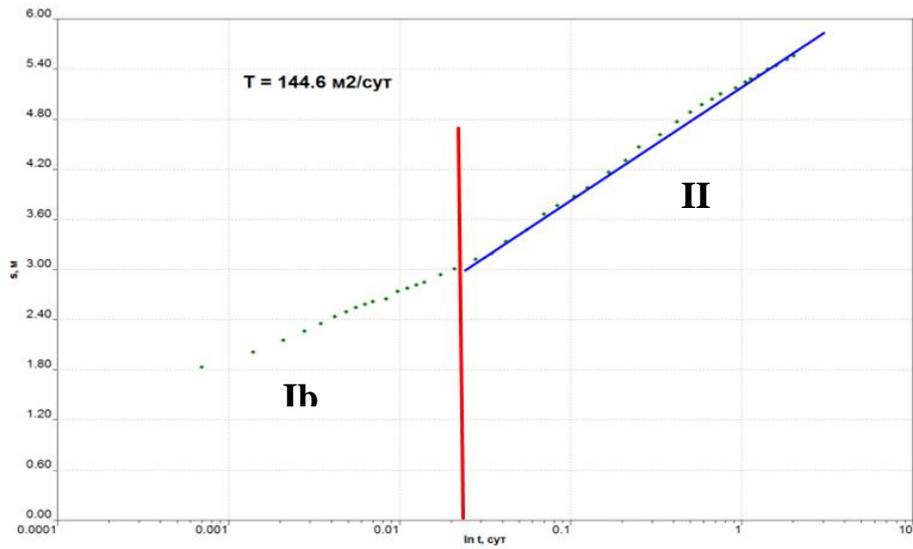


Рисунок 2.18 Центральная скважина 1, ВЗУ № 3

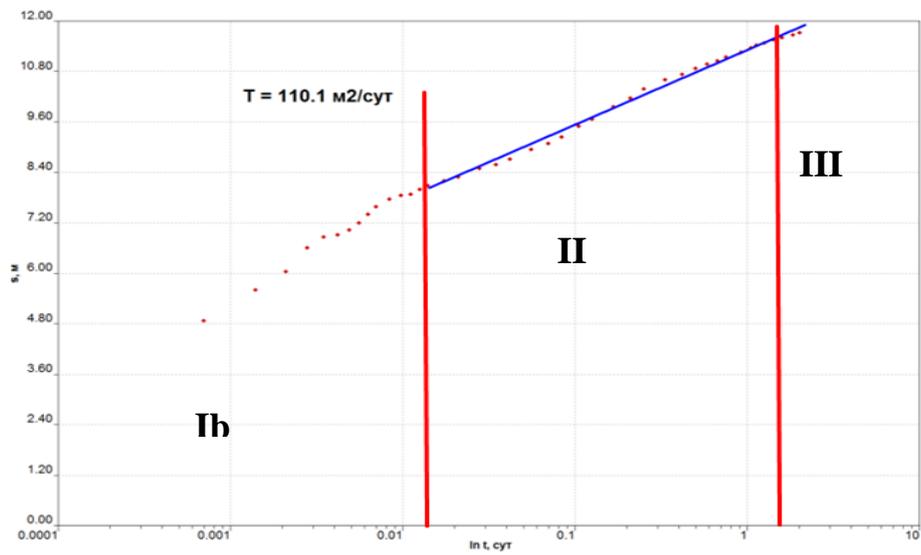


Рисунок 2.19 Центральная скважина 3, ВЗУ № 3

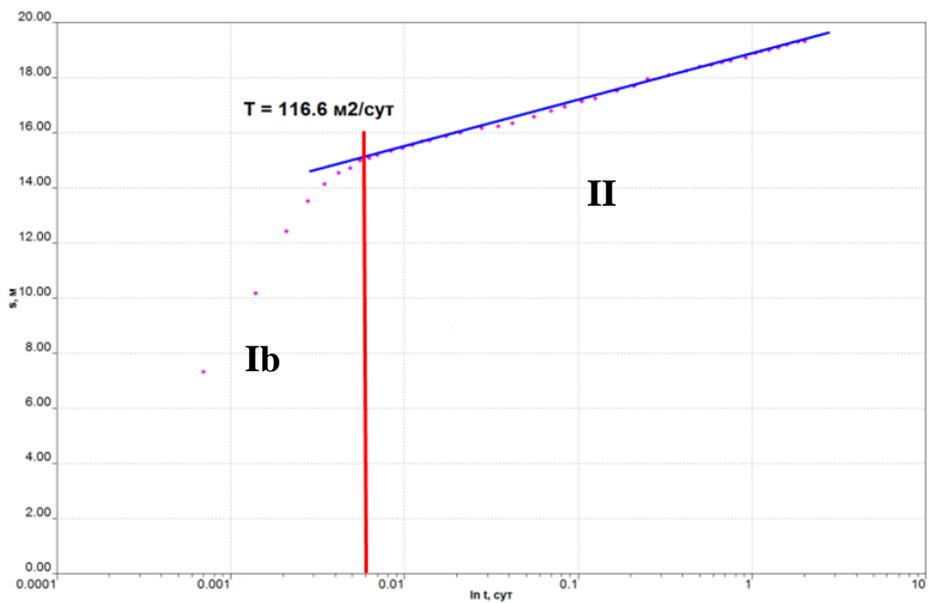


Рисунок 2.20 Центральная скважина 4, ВЗУ № 3

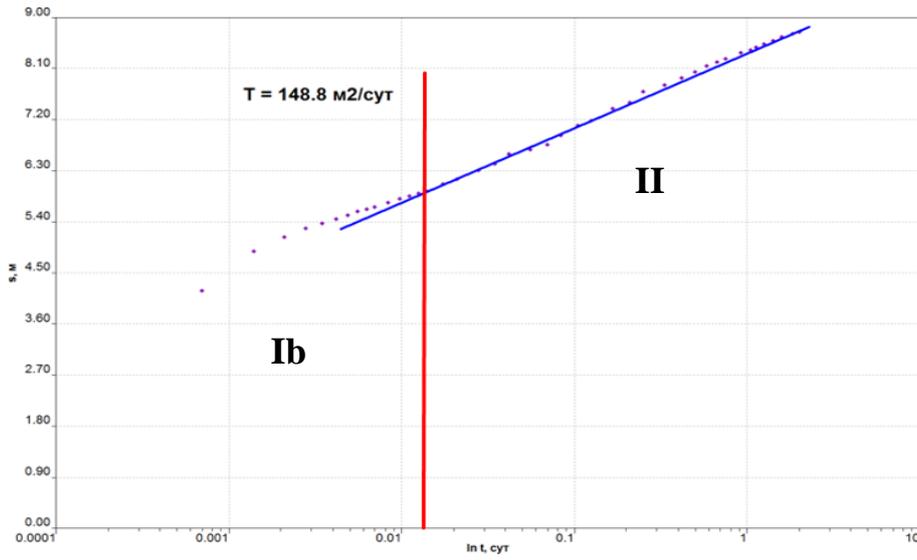


Рисунок 2.21 Центральная скважина 6, ВЗУ №3

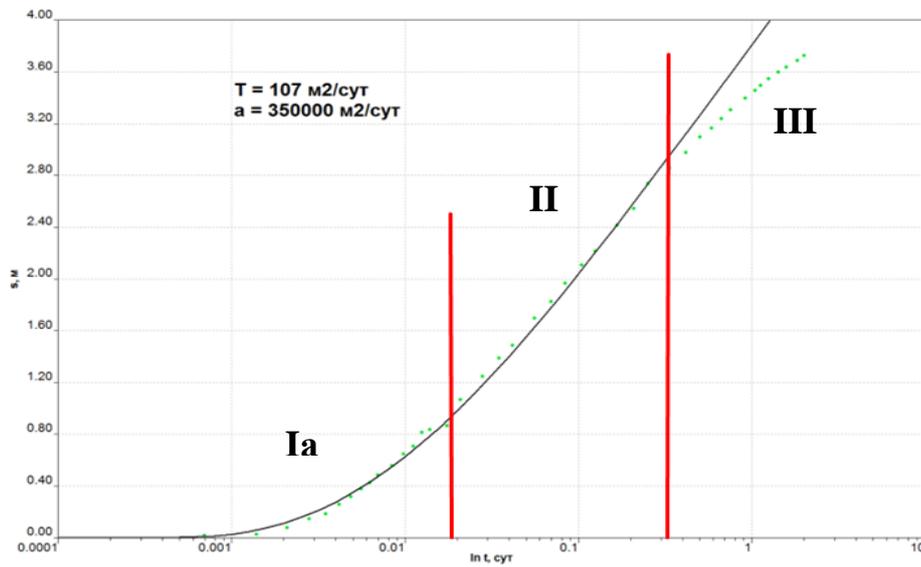


Рисунок 2.22 Наблюдательная скважина 5, ВЗУ № 3

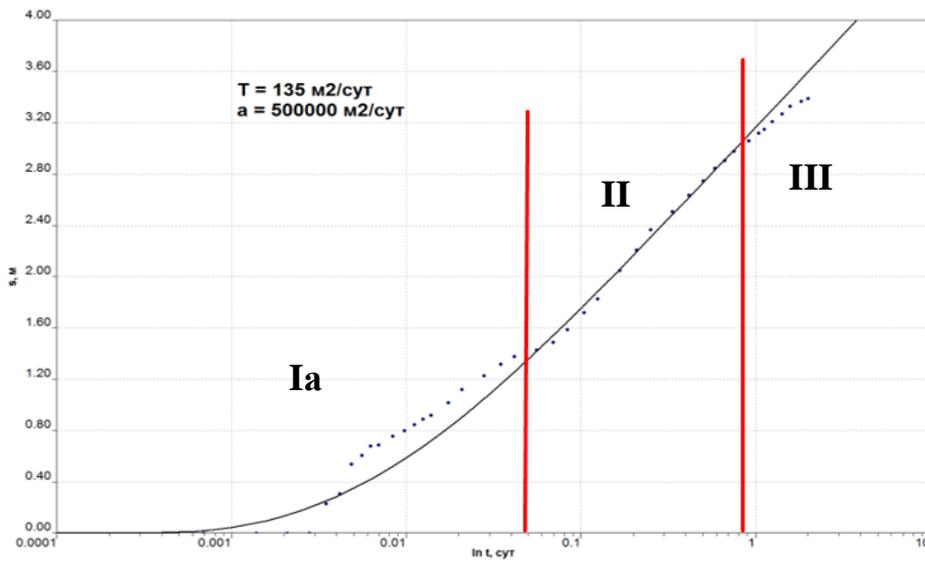


Рисунок 2.23 Наблюдательная скважина 2, ВЗУ № 3

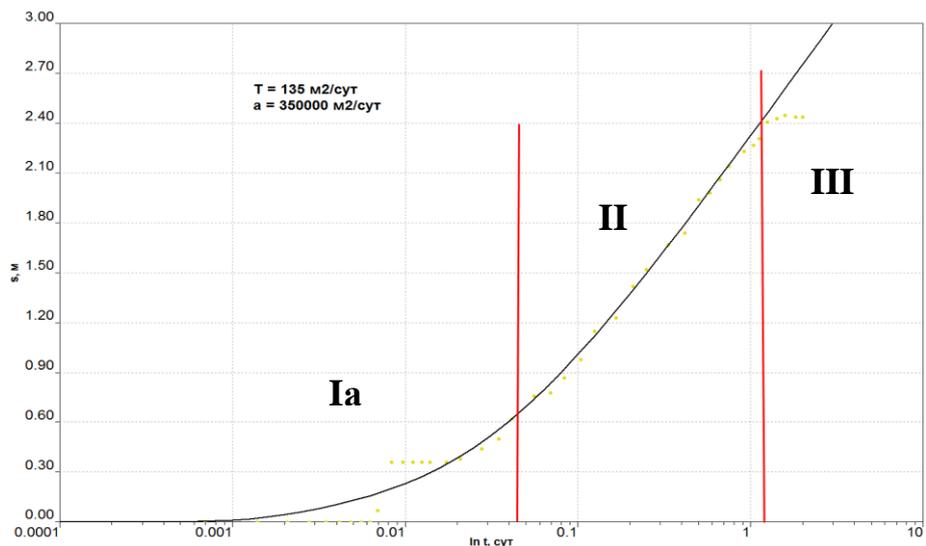


Рисунок 2.24 Наблюдательная скважина 7, ВЗУ №3

Полученные при интерпретации опытных откачек на каждом ВЗУ значения коэффициента пьезопроводности  $a^*$  и коэффициента водопроницаемости  $T$  приведены в таблицах 2.1 – 2.3.

Как видно из этих таблиц, значения коэффициента водопроницаемости  $T$  меняются в очень небольшом диапазоне от 107 до 166 м<sup>2</sup>/сут, и разброс значений коэффициента пьезопроводности  $a^*$  также невелик – от 650 000 до 130 000 м<sup>2</sup>/сут; то есть в соотношении логарифмов  $Ln(a^*_{\max}) / Ln(a^*_{\min})$  это соотношение составляет всего 1,34 раза.

Таблица 2.1

Сводные значения  $a^*$  и  $T$  на ВЗУ № 1

Номер скважины	Пьезопроводность $a^*$ , м <sup>2</sup> /сут	Водопроницаемость $T$ , м <sup>2</sup> /сут
1в*		141,2
1г*		123,7
1д	600 000	138,0
1е*		126,3
1ж*		144,5
Среднегеом. знач. $a^*$ ; средн. знач. $T$	600 000	134,7

\* – центральные скважины; остальные – наблюдательные.

Таблица 2.2

Сводные значения  $a^*$  и  $T$  на ВЗУ № 2

Номер скважины	Пьезопродность $a^*$ , м <sup>2</sup> /сут	Водопродность $T$ , м <sup>2</sup> /сут
1а	130 000	125,5
1в*		142,3
1г*		132,7
1д*		142,7
1е	650 000	135
Среднегеом. знач. $a^*$ ; средн. знач. $T$	290 689	135,64

\* – центральные скважины; остальные – наблюдательные.

Таблица 2.3

Сводные значения  $a^*$  и  $T$  на ВЗУ № 3

Номер скважины	Пьезопродность $a^*$ , м <sup>2</sup> /сут	Водопродность $T$ , м
1*		144,6
2	500 000	135
3*		110,1
4*		116,6
5	350 000	107
6*		148,8
7	350 000	135
Среднегеом. знач. $a^*$ ; средн. знач. $T$	394 187	130,0

\* – центральные скважины; остальные – наблюдательные.

### 3. Характеристика качества подземных вод

В ходе работ было произведено гидрогеохимическое апробирование нижне-верхнечетвертичного водно-ледникового водоносного комплекса (f,lgПмс<sub>1-3</sub>). На каждом из трех ВЗУ, в период с 2014 по 2017 гг. были отобраны пробы вод из скважин №№ 1в – ВЗУ № 1 (21.07.2015), 1г – ВЗУ № 2 (10.07.2017), 3 – ВЗУ № 3 (14.07.2014).

По результатам лабораторных анализов этих вод составлена сводная таблица с сопоставлением нормативных ПДК (по СанПиН «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения») – (СанПиН 2.1.4.1074-01, 2001) (табл. 3.1).

Для наглядного представления общего солевого состава рассматриваемых подземных вод нами составлена осредненная формула Курлова:

$$M_{0,48} \frac{HCO_3 94 \ SO_4 3 \ Cl 3}{Ca 60 \ Mg 34 \ Na 5 \ K 1} \quad pH \ 7,4$$

Воды нижне-верхнечетвертичного водно-ледникового водоносного комплекса (f,lgПмс<sub>1-3</sub>) в соответствии с традиционными классификациями являются ультрапресными, околонеутральными, гидрокарбонатными магниево-кальциевыми.

Оценка генезиса вод произведена нами на основании геолого-гидрогеологического строения территории, а также учитывая минерализацию и преобладающие макрокомпоненты. Очевидным образом, воды опробованного водоносного комплекса относятся к инфильтрогенным.

Органолептические, радиационные и микробиологические показатели, а также содержание микрокомпонентов соответствуют нормативам ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 (табл. 3.1), за исключением содержаний марганца, железа, и таких органолептических показателей как запах, привкус и мутность – выделены красным в таблице 3.1. Содержание марганца достигает 0,11 мг/дм<sup>3</sup>, при норме до 0,003 мг/дм<sup>3</sup> (превышение в 36,6 раз), железа – 3,2 мг/дм<sup>3</sup> при норме 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (превышение в 64 раза), запах 3 балла при норме 1 балл (превышение в 3 раза), привкус 3 балла при норме 1 балл (превышение в 3 раза), мутность 24,5 ЕМФ/дм<sup>3</sup> при норме менее 0,5 ЕМФ/дм<sup>3</sup> (превышение в 49 раз).

Для приведения качества отбираемой воды в соответствие требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 на предприятии была опробована реагентная станция водоподготовки «Аквафлоу», производительностью 30 м<sup>3</sup>/час. После разового опробования этой установки результаты химических анализов проб воды на выходе удовлетворили требуемым значениям ПДК (табл.3.2).

Таблица результатов химических анализов подземных вод из скважин водозабора ООО «Коралл»

№пп	Измеряемый параметр	Ед. изм.	Фактическое значение (до водоочистки)			ПДК
			ВЗУ №1	ВЗУ №2	ВЗУ №3	
1	рН	ед.	7,4	7,7	6,9	6-9
2	Цветность	град.	менее 1,0	18	20	20
3	Мутность	ЕМФ/дм <sup>3</sup>	<b>24,5</b>	<b>8,5</b>	<b>14,7</b>	2,6
4	Запах при 20С	балл	2	2	2	2
5	Запах при 60С	балл	<b>3</b>	2	<b>3</b>	2
6	Привкус	балл	1	2	<b>3</b>	2
7	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	338	288	266	1000
8	Минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	488			1000
9	Жесткость общая	°Ж	5,5	4,8	5,6	7
10	Гидрокарбонаты	мг/дм <sup>3</sup>	365	324,89		—
11	Окисляемость перманганатная	мгО/дм <sup>3</sup>	менее 1,0	2,8	2,56	5
12	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,014	менее 0,02	менее 0,02	0,10
13	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,025	0,014	менее 0,01	0,50
14	Аммиак и амоний ион по азоту	мг/дм <sup>3</sup>	0,29			2,00
15	Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,2	0,37	менее 0,1	45,00
16	Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,005			3,00
17	Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	10,1	6,4	8,3	500,00
18	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	7,4	2,85	7,6	350,00
19	Фториды	мг/дм <sup>3</sup>	0,24	0,12	1,5	1,50
20	Мышьяк (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,004	менее 0,002	менее 0,002	0,05
21	Железо (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	<b>2,4</b>	<b>0,89</b>	<b>3,2</b>	0,30
22	Медь (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	менее 0,001	менее 0,001	1,00
23	Цинк (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,015	менее 0,01	менее 0,01	5,00
24	Никель (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,0008	менее 0,001		0,10
25	Марганец (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,11</b>	<b>0,1</b>	<b>0,07</b>	0,10
26	Собальт (Со2+)	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0005			0,10
27	Молибден (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,04	менее 0,001		0,25
28	Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	0,019	менее 0,01		0,50
29	Свинец (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,0015		0,0009	0,03
30	Кадмий (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0002		менее 0,0005	0,001
31	Хром (VI)	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,01	менее 0,025	менее 0,025	0,05
32	Ртуть	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,00004	менее 0,001	менее 0,0001	0,0005
33	Бор	мг/дм <sup>3</sup>	0,14	0,05		0,50
34	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	70		78	в составе жесткости общей
35	Магний	мг/дм <sup>3</sup>	24		21	
36	Натрий	мг/дм <sup>3</sup>	7,2			200,00
37	Калий	мг/дм <sup>3</sup>	1,5			—
38	Барий	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,1	0,021		0,10
39	Стронций	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,25	менее 0,5		7,00
40	Фенольный индекс	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0005	менее 0,0005	менее 0,0005	0,25
41	Бериллий	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0001			0,0002
42	Кремний	мг/дм <sup>3</sup>		6,91	6,53	10,0000
43	Цианиды	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,01	менее 0,01		0,035
44	ГХЦД	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001	0,002
45	2,4-Д	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,002	менее 0,002	менее 0,002	0,002
46	ДДТ	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001	0,03
радиационные и микробиологические показатели						
47	Общая α-активность	бк/дм <sup>3</sup>	0,086	0,008	0,065	0,02
48	Общая β-активность	бк/дм <sup>3</sup>	0,036	0,241	0,231	1,0
49	Радон-222	бк/дм <sup>3</sup>	менее 8	менее 8	менее 8	60
50	ТКБ	ч.б. в 100 мл	отсут.	отсут.	отсут.	не обн.
51	ОМЧ	КОЕ/см <sup>3</sup>	отсут.	отсут.	отсут.	не обн.
52	ОКБ	ч.б. в 100 мл	отсут.	отсут.	отсут.	не обн.

Таблица 3.2

Превышающие ПДК показатели до и после водоочистки системой «Аквафлоу»

№пп	Измеряемый параметр	Ед. изм.	Фактическое значение		ПДК
			до водоочистки	после водоочистки	
1	Мутность	ЕМФ/дм <sup>3</sup>	24,5	менее 0,5	2,6
2	Запах при 60 С	балл	3	1	2
3	Привкус	балл	3	1	2
4	Железо (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	2,4	0,05	0,30
5	Марганец (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,11	0,003	0,10

#### 4. Подсчет запасов

Подсчет запасов предполагает оценку расчетного понижения уровня воды в откачивающих скважинах с прогнозным дебитом на весь предполагаемый период эксплуатации и сравнение его с допустимым понижением.

Суммарная заявленная водопотребность Животноводческого комплекса ООО «Коралл» составляет 3840 м<sup>3</sup>/сут вод питьевого качества. Время предполагаемой эксплуатации водозабора принято, как обычно, равным 25 лет.

Для расчетов выбрана схема неограниченного однородного в плане изолированного пласта (формула (2.2)) в предположении возможной наихудшей с точки зрения оценки количества оцениваемых запасов ситуации: отсутствие перетекания (подпитки) из смежных по вертикали водоносных горизонтов и отсутствие естественного потока (ресурсов) подземных вод в самом продуктивном пласте.

В качестве расчетных параметров (коэффициент пьезопроводности  $a^*$  и коэффициент водопроницаемости  $T$ ) были использованы значения, полученные в результате интерпретации ОФР по трем рассмотренным выше опытным откачкам (см. Главу 2).

Для оценки запасов подземных вод использован метод сложения течений. Расчетное понижение в эксплуатационной скважине  $S_{\Sigma \text{расч}}$  рассчитывалось по формуле:

$$S_{\Sigma \text{расч}} = S_{I \text{расч}} + S_{II \text{расч}} + \sum_{i=1}^N S_{\text{срезка}} + \sum_{i=1}^2 S_{\text{доп.срезка}} \quad (4.1)$$

где,  $S_{I \text{расч}}$  – расчетное понижение на участке I индикаторного графика  $S/lgt$  (влияние скин эффекта) (формула (4.2));

$S_{II \text{расч}}$  – расчетное понижение на участке II индикаторного графика  $S/lgt$  по решению (2.2);

$S_{\text{срезка}}$  – расчетное понижение от взаимовлияния откачивающих скважин между собой в пределах одного ВЗУ (формула (4.3)).

$S_{\text{доп.срезка}}$  – расчетное понижение от взаимовлияния всех трёх ВЗУ между собой (формула (4.4));

$N$  – количество соседних откачивающих скважин в пределах ВЗУ.

$$S_{I_{расч}} = S_I \frac{Q_{расч(скв)}}{Q_{откачки}} \quad (4.2)$$

где,  $S_I$  – фактическое понижение в скважине;

$Q_{расч(скв)}$  – расчетный расход скважины;

$Q_{откачки}$  – фактический расход скважины.

$$S_{срезка} = \frac{Q_{скв}}{4\pi T} \ln \frac{2,25a^*t}{r^2} \quad (4.3)$$

где,  $r$  – расстояние от расчетной эксплуатационной скважины до каждой из соседних откачивающих скважин;

$$S_{доп.срезка} = \frac{Q_{куста}}{4\pi T} \ln \frac{2,25a^*t}{r_{куст}^2} \quad (4.4)$$

где,  $r_{куст}^2$  – квадрат расстояния от центра данного куста скважин на ВЗУ до центральной точки двух других ВЗУ.

Допустимое понижение  $S_{доп}$  в ниже-верхнемосковском водно-ледниковом водоносном комплексе ( $f, lg\Pi ms_{1-3}$ ), определяется высотой напора над кровлей водоносного комплекса плюс 50% его мощности (табл. 4.1). Если расчетное понижение  $S_{\Sigma расч}$  не превышает допустимое  $S_{доп}$ , то запасы считают обеспеченными.

По описанной схеме для каждого из трех ВЗУ произведен расчет прогнозных понижений в каждой центральной скважине.

На первом этапе расчетов предполагалось, что будут эксплуатироваться только те скважины, которые были задействованы в качестве центральных в опытных откачках и для которых, соответственно, подтверждена возможность производительности с требуемым расходом. При этом оказалось, что при суммарном расчетном дебите  $Q_{расч}$ , равном заявленной водопотребности, получившиеся понижения не удовлетворяют допустимым значениям (табл. 4.2–4.4).

В такой ситуации при оценке запасов подземных вод обычно следует увеличивать расстояние между расчетными скважинами с целью рассредоточить нагрузку на водоносный горизонт и таким образом увеличить область захвата подземных вод и, как следствие, уменьшить расчетное понижение на каждой из откачивающих скважин. Так как эксплуатационные скважины на всех трех ВЗУ уже пробурены и оборудованы, данный подход оказывается невозможным. Поэтому нами было принято решение увеличить количество скважин на каждом ВЗУ, дополнив расчетные эксплуатационные

скважины также уже пробуренными наблюдательными скважинами. В этой ситуации снижается расчетный дебит  $Q_{расч}$  отбираемой воды из каждой эксплуатационной скважины на каждом ВЗУ. В данном случае расчеты производились только для наиболее нагруженной скважины, находящейся в центре каждого ВЗУ – в центре предполагаемой депрессионной воронки. Однако результаты расчетов и по этому варианту также не удовлетворяют критическим значениям допустимых понижений  $S_{доп}$ .

Таблица 4.1.

Расчетные параметры для допустимого понижения  $S_{доп}$  для эксплуатационных скважин

№	Глубина залегания кровли водоносного комплекса, м	Глубина статического уровня, м	Напор над кровлей водоносного комплекса, м	Мощность комплекса, м	Допустимое понижение $S_{доп}$ , м
ВЗУ № 1					
1в	30	6,75	23,25	12	23,25+6,0=29,3
1г	30	8,56	21,44	12	21,44+6,0=27,4
1д	30	8,83	21,17	12	21,17+6,0=27,2
1е	30	3,49	26,51	12	26,51+6,0=32,5
1ж	30	3,84	26,16	12	26,16+6,0=32,2
1и	30	11	19	15	19,0+6,75=25,8
1к	30	11	19	15	19,0+6,75=25,8
ВЗУ № 2					
1г	30	6,4	23,6	12	23,60+6,0=29,6
1а	27	7,85	19,15	15	19,15+6,75=25,9
1в	30	6,78	23,22	12	23,22+6,0=29,2
1д	30	5,83	24,17	12	24,17+6,0=30,2
1е	30	6,83	23,17	12	23,17+6,0=29,2
1ж	32	8	24	16	24,0+6,0=30,0
1и	32	8	24	16	24,0+6,0=30,0
ВЗУ № 3					
1	30	3,18	26,82	12	26,82+6,0=32,8
2	30	4,53	25,47	12	25,47+6,0=31,5
3	30	5,48	24,52	12	24,52+6,0=30,5
4	30	6,12	23,88	12	23,88+6,0=29,9
5	30	6,84	23,16	12	23,16+6,0=29,2
6	30	6,34	23,66	12	23,66+6,0=29,7
7	30	6,64	23,36	12	23,36+6,0=29,4
8	30	9,59	20,41	12	20,41+6,0=26,4

Таблица 4.2

Результаты вычисления понижение  $S_{\Sigma \text{расч}}$  для ВЗУ № 1 на первом этапе расчетов

№ скв	$Q_{\text{отк}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$Q_{\text{расч}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$T, \text{м}^2/\text{сут}$	$a^*, \text{м}^2/\text{сут}$	$S_{\text{I расч}}, \text{м}$	$S_{\text{II расч}}, \text{м}$	$S_{\text{срезка}}, \text{м}$	$S_{\text{доп.срезка}}, \text{м}$	$S_{\Sigma}, \text{м}$	$S_{\text{доп}}, \text{м}$
1в	276	352,3	141,2	600000	12,98	6,02	9,09	11,11	39,19	27,44
1г	288	367,7	123,7	600000	16,02	6,08	10,06	11,11	43,27	27,17
1е	300	383,0	126,3	600000	14,97	7,23	9,83	11,11	43,14	32,51
1ж	264	337,0	144,5	600000	8,46	7,04	8,66	11,11	35,27	32,16
$\Sigma$	1128	1440	133,9							

Таблица 4.3

Результаты вычисления понижение  $S_{\Sigma \text{расч}}$  для ВЗУ № 2 на первом этапе расчетов

№ скв	$Q_{\text{отк}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$Q_{\text{расч}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$T, \text{м}^2/\text{сут}$	$a^*, \text{м}^2/\text{сут}$	$S_{\text{I расч}}, \text{м}$	$S_{\text{II расч}}, \text{м}$	$S_{\text{срезка}}, \text{м}$	$S_{\text{доп.срезка}}, \text{м}$	$S_{\Sigma}, \text{м}$	$S_{\text{доп}}, \text{м}$
1в	264	320,0	142,3	290689	26,06	27,50	5,01	14,05	46,56	29,22
1г	259,2	314,2	132,7	290689	21,21	23,20	5,69	14,05	42,94	29,60
1д	268,8	325,8	142,7	290689	14,18	17,20	4,95	14,05	36,20	30,17
$\Sigma$	792	960	139,2							

Таблица 4.4

Результаты вычисления понижение  $S_{\Sigma \text{расч}}$  для ВЗУ № 3 на первом этапе расчетов

№ скв	$Q_{\text{отк}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$Q_{\text{расч}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$T, \text{м}^2/\text{сут}$	$a^*, \text{м}^2/\text{сут}$	$S_{\text{I расч}}, \text{м}$	$S_{\text{II расч}}, \text{м}$	$S_{\text{срезка}}, \text{м}$	$S_{\text{доп.срезка}}, \text{м}$	$S_{\Sigma}, \text{м}$	$S_{\text{доп}}, \text{м}$
1	240	323,6	144,6	394187	4,18	10,56	7,81	11,26	29,64	32,82
3	264	356,0	110,1	394187	13,48	18,30	10,84	11,26	40,40	30,52
4	288	388,3	116,6	394187	20,49	25,35	10,29	11,26	46,91	29,88
6	276	372,1	148,8	394187	8,02	13,50	7,30	11,26	32,06	29,66
$\Sigma$	1068	1440	130,0							

Для 6-ти эксплуатационных скважин на ВЗУ №№ 1 и 2 и для 7-ми скважин на ВЗУ № 3 получено:

на ВЗУ № 1 суммарное понижение в скв. 1д  $S_{\Sigma} = 38,26$  м, при  $S_{\text{доп}} = 27,17$  м;

на ВЗУ № 2 суммарное понижение в скв. 1г  $S_{\Sigma} = 37,88$  м, при  $S_{\text{доп}} = 29,60$  м;

на ВЗУ № 3 суммарное понижение в скв. 4  $S_{\Sigma} = 39,63$  м, при  $S_{\text{доп}} = 29,88$  м.

Для 7-ти эксплуатационных скважин на ВЗУ №№ 1 и 2 и для 8-ми скважин на ВЗУ № 3 получено:

на ВЗУ № 1 суммарное понижение в скв. 1д  $S_{\Sigma} = 31,47$  м, при  $S_{\text{доп}} = 27,17$  м;

на ВЗУ № 2 суммарное понижение в скв. 1г  $S_{\Sigma} = 31,00$  м, при  $S_{\text{доп}} = 29,60$  м;

на ВЗУ № 3 суммарное понижение в скв. 4  $S_{\Sigma} = 32,98$  м, при  $S_{\text{доп}} = 29,88$  м.

Дальнейшее увеличение количества эксплуатационных скважин на ВЗУ является невозможным в современной ситуации по технико-экономическим соображениям.

В результате нами было принято решение о необходимости снижения суммарного расчетного дебита откачки (снижение заявленной водопотребности) в следующих объемах.

На ВЗУ № 1 снижение  $Q_{\text{расч}}$  составило: с  $1440 \text{ м}^3/\text{сут}$  до  $1204 \text{ м}^3/\text{сут}$  (на  $236 \text{ м}^3/\text{сут}$ ).

При 7-ми скважинах расчетное понижение в скв. 1д  $S_{\Sigma} = 27,10$  м при  $S_{\text{доп}} = 27,17$  м.

На ВЗУ № 2 снижение  $Q_{\text{расч}}$  составило: с  $960 \text{ м}^3/\text{сут}$  до  $945 \text{ м}^3/\text{сут}$  (на  $15 \text{ м}^3/\text{сут}$ ).

При 7-ми скважинах суммарное понижение в скв. 1г  $S_{\Sigma} = 29,34$  м при  $S_{\text{доп}} = 29,6$  м.

На ВЗУ № 3 снижение  $Q_{\text{расч}}$  составило: с  $1440 \text{ м}^3/\text{сут}$  до  $1240 \text{ м}^3/\text{сут}$  (на  $200 \text{ м}^3/\text{сут}$ ).

При 8-ми скважинах суммарное понижение в скв. 4  $S_{\Sigma} = 28,73$  м при  $S_{\text{доп}} = 29,88$  м.

Суммарная величина оцениваемых запасов, которые могут поехать защите в Государственной комиссии по запасам (ГКЗ), таким образом, составила  $3389 \text{ м}^3/\text{сут}$  (88,2% от заявленной водопотребности). Только при выполнении данного условия запасы подземных вод на всех трех ВЗУ могут быть обеспечены.

В том случае, если данное количество запасов не сможет удовлетворить потребности заказчика, необходимо рассмотреть вариант с увеличением количества эксплуатационных скважин, предполагая их удаление друг от друга, в том числе и с возможностью организации нового 4-го ВЗУ. В данной ситуации перед представлением материалов на защиту в ГКЗ потребуется дополнительное бурение и опытно-фильтрационное и гидрогеохимическое опробование этих новых скважин.

## 5. Обоснование зоны санитарной охраны

В соответствии с СанПиН 2.1.4.1110.02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения» (СанПиН 2.1.4.1110.02, 2002) на всех водозаборах, как подземных, так и наземных, необходимо организовывать три пояса зоны санитарной охраны (ЗСО) от загрязнений.

По степени естественной защищенности целевой ниже-верхнечетвертичный водно-ледниковый водоносный комплекс (f,lgПms<sub>1-3</sub>) в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110.02 относится к защищенным на всей площади группового водозабора ООО «Коралл». Достаточная степень защищенности обусловлена вышележащей слабопроницаемой толщей суглинков нижевалдайской и верхнемосковской морен (f,lgПms<sub>1-3</sub>) мощностью до 26 метров.

Граница первого пояса ЗСО установлена на расстоянии 50 м от водозаборных скважин в соответствии с требованиями с СанПиН 2.1.4.1110.02, вне территории промышленных предприятий и жилой застройки. Первый пояс уже в настоящее время огорожен металлической сеткой «рабица» высотой 2,5 метра. Территория засеяна травой, спланирована для отвода поверхностных вод, освещается в тёмное время суток. Подходы к скважинам выложены бетонными плитами, подъезды имеют гравийно-щебнистое покрытие. Все скважины (и «откачивающие», и «наблюдательные») находятся в металлических отапливаемых павильонах. Устья скважин забетонированы, учет водоотбора осуществляется инструментально, по водомерным счетчикам.

Границы второго пояса определяются, исходя из условий, что микробное загрязнение, поступающее в водоносный пласт за пределами этого пояса, не достигнет водозабора. При определении расстояния до его границ важным параметром является время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору. Время расчета ЗСО для второго пояса в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110.02: 400 суток, что соответствует времени жизни бактерий в условиях подземной фильтрации.

Границы третьего пояса определяются, исходя из условий, что любое химическое загрязнение, поступающее в водоносный пласт за пределами этого пояса, не достигнет водозабора. При определении расстояния до его границ расчетное время продвижения химического загрязнения с потоком подземных вод к водозабору соответствует времени проектной эксплуатации водозабора: 25 лет (9125 суток).

Границы второго и третьего поясов рассчитывались графоаналитическим методом в программе ANSDIMAT, разработанной Л.Н. Синдаловским (Синдаловский, 2014) с учетом интенсивности естественного потока подземных вод.

Для расчета второго и третьего поясов ЗСО, как и при подсчете запасов, была выбрана схема изолированного напорного неограниченного в плане водоносного пласта.

На основе полученных понижений (по решению 2.2) и заданного градиента естественного фильтрационного потока в скважинах рассчитывалось поле наповов в плане. По этому полю наповов определялись линии тока – траектории движения частиц (рис 5.1) (Синдаловский, 2014).

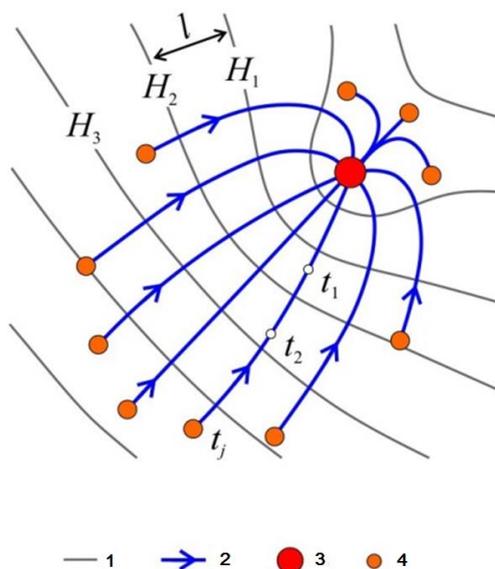


Рисунок 5.1 Схема фильтрации подземных вод к водозабору: 1 – линия равных наповов; 2 – линия тока; 3 – водозабор; 4 – точка на границе пояса ЗСО.

Скорость движения частиц  $v$  (м/сут) по линиям тока вычислялась по формуле:

$$v = \frac{1}{n} k \frac{H_2 - H_1}{l} \quad (5.1)$$

где,  $H_1, H_2$  – расчетный напор в точках 1 и 2, на расстоянии  $l$  друг от друга, м;

$k$  – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;

$l$  – расстояние между двумя точками (1 и 2), в которых определяется напор, м;

$n$  – пористость.

По рассчитанным траекториям и скорости движения частицы, определялось время ее прохождения  $t$  (сут) от произвольной точки до водозабора, которое выражается следующей суммой:

$$t = \sum_{i=1}^j \Delta t_i = \sum_{i=1}^j \frac{l_i}{v_i} \quad (5.3)$$

где,  $j$  – количество интервалов, сумма которых равна длине траектории перемещения частицы за суммарное время  $t$ ;

$\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$  – время прохождения частицей одного  $i$ -го интервала, сут;

$t_i$  – время прохождения частицы от произвольной точки до окончания  $i$ -го интервала, сут;

$l_i$  – длина  $i$ -го интервала, м;

$v_i$  – действительная скорость фильтрации для  $i$ -го интервала, м/сут.

На рисунке 5.2 показаны результаты расчетов по описанной аналитической модели в плановой постановке.

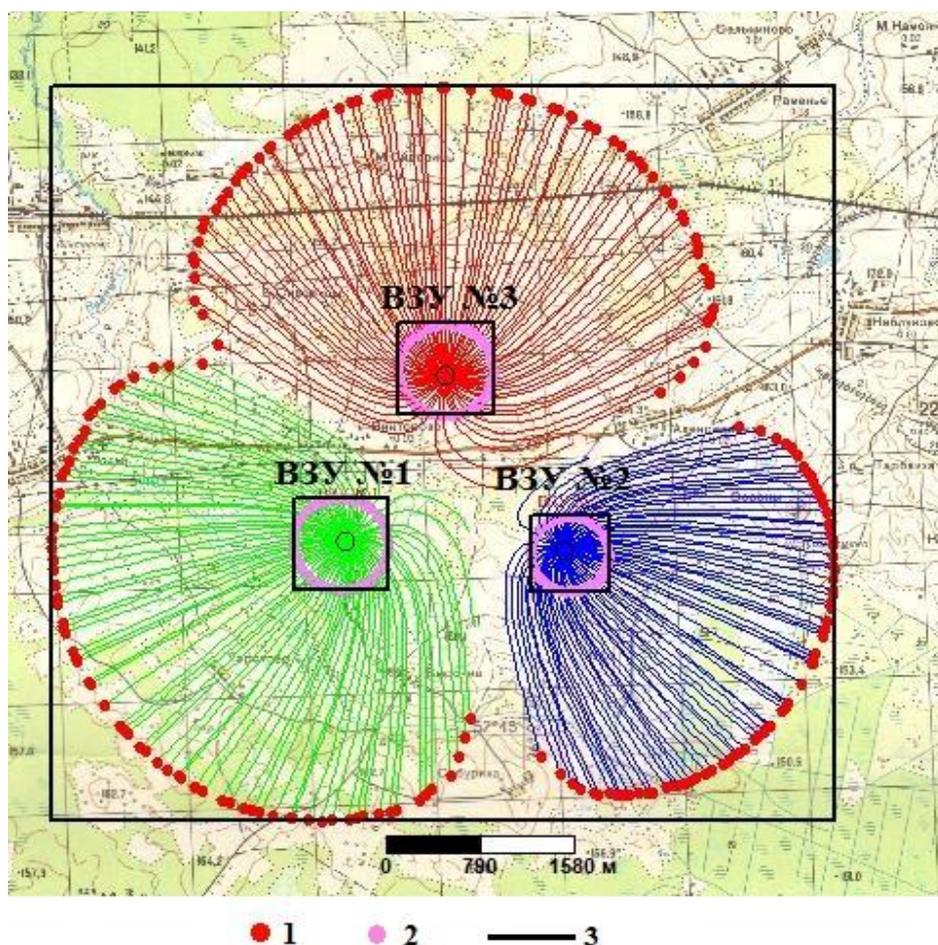


Рисунок 5.2 Результаты расчетов второго и третьего поясов на программе ANSDIMAT.

1 – точка на границе 3-го пояса ЗСО; 2 – точка на границе 2-го пояса ЗСО;

3 – обобщенные границы ЗСО для 2-го и 3-го поясов.

В результате расчетов следует принять, что размеры второго пояса ЗСО должны составлять для ВЗУ № 1: длина – 792 м, ширина – 790 м; для ВЗУ № 2: длина – 646 м, ширина – 645 м; для ВЗУ № 3: длина – 796 м, ширина – 790 м; а размеры обобщенного (совокупного) третьего пояса ЗСО для всех трёх ВЗУ – длина – 6545,3 м, ширина – 6295,7 м.

## Заключение

Для обоснования заявленной водопотребности – 3840 м<sup>3</sup>/сут для ООО «Коралл» выполнена оценка запасов подземных вод. На основании материалов предыдущих лет (фондовых материалов) были изучены геологические и гидрогеологические условия района работ, составлены опорные разрезы.

Для нахождения значений водопроводимости  $T$  и пьезопроводности  $a^*$  целевого (продуктивного) четвертичного ниже-верхнемосковского водно-ледникового водоносного комплекса (f,lgIIms1-3) были проанализированы результаты опытно-фильтрационных работ (групповые опытные откачки), на всех трех предполагаемых к эксплуатации ВЗУ. Интерпретация результатов ОФР произведена с использованием программы ANSDIMAT. Полученные результаты имеют небольшой разброс. Среднегеометрическое значение коэффициента пьезопроводности  $a^*$  составило  $4,3 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/сут, среднеарифметическое значение коэффициента водопроводимости  $T$  – 133 м<sup>2</sup>/сут.

Проанализировав качество подземных вод, был сделан вывод о необходимости установления системы водоочистки для приведения исходно превышающих ПДК содержаний марганца и железа, а также показателей запаха, привкуса и мутности к нормативным значениям в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01. Для очистки воды была опробована реагентная станция водоподготовки «Аквафлоу», производительностью 30 м<sup>3</sup>/час. После опробования этой установки результаты химических анализов проб воды на выходе удовлетворили требуемым значениям ПДК

В результате подсчета запасов подземных вод при расходах, заявленных недропользователем, расчетные понижения превысили допустимые значения. Снижение расчетного дебита с 1440 до 1204 м<sup>3</sup>/сут. на ВЗУ № 1, с 960 до 945 м<sup>3</sup>/сут. на ВЗУ № 2, с 1440 до 1240 м<sup>3</sup>/сут. на ВЗУ № 3 (то есть снижение суммарного дебита водоотбора с 3840 до 3389 м<sup>3</sup>/сут.) и увеличение количества эксплуатационных скважин до 7–8 шт. на каждом ВЗУ позволит считать запасы на водозаборе ООО «Коралл» обеспеченными.

Обоснование поясов ЗСО было выполнено в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110.02 графоаналитическим методом с использованием программы ANSDIMAT. Радиусы первого пояса ЗСО приняты равными 50 м от каждой водозаборной скважины. Размеры второго пояса ЗСО составили для ВЗУ № 1: длина – 792 м, ширина – 790 м; для ВЗУ № 2: длина – 646 м, ширина – 645 м; для ВЗУ № 3: длина – 796 м, ширина – 790 м; а обобщенного (совокупного для всех трёх ВЗУ) третьего пояса ЗСО – длина – 6545 м, ширина – 6295 м.

## Список литературы

### *Монографии:*

1. Мироненко В.А. Динамика подземных вод – Москва: Издательство московского государственного горного университета, 2001, 519 с.
2. Синдаловский Л. Н. Аналитическое моделирование опытных опробований водоносных пластов и скважинных водозаборов (программный комплекс ANSDIMAT). – СПб.: Наука, 2014, 521 с.
3. Шестаков В.М. и Башкатов Д.Н. Опытные- фильтрационные работы – Москва: Издательство «Недра», 1974, 200 с.

### *Нормативные документы:*

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения», 2001 с изменениями на 2018 год.
2. СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения», 2002.

### *Ресурсы сети Интернет:*

1. <https://vsegei.ru/ru/>