

3. **Соколкин С.Б.** Оценка запасов подземных дренажных вод как попутного полезного ископаемого Баженовского месторождения хризотил-асбеста: Отчет о результатах работ научно-производственной геоэкологической фирмы "ГеоС" за 1995-1996 годы / НППФ "ГеоС", Екатеринбург, 1996.

4. **Чемякин В.И., Коптеев В.М. и др.** Баженовское месторождение хризотил-асбеста на Среднем Урале: Отчет по детальной разведке месторождения за 1980-1984 годы с подсчетом запасов хризотил-асбеста и строительного камня по состоянию на 01.01.84 / УПГО "Уралгеология". Асбест, 1984.

УДК (556.3:550.812):628.173

С.Н. Елохина, К.С. Веприков

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Юго-восточная часть Свердловской области по геоструктурному и геоморфологическому признакам относится к району Зауралья. В административном отношении это Пышминский, Талицкий, Ирбитский, Камышловский, Байкаловский, Туринский и Тугулымский районы, наиболее неблагоприятные по обеспечению населения питьевой водой. Водохозяйственные особенности района таковы, что централизованное и нецентрализованное хозяйственно-питьевое водоснабжение, в силу загрязненности поверхностных вод, базируется исключительно на ресурсах подземных вод.

В гидрогеологическом отношении район Зауралья принадлежит к Тобольскому артезианскому бассейну, в пределах которого ярусные гидрогеологические структуры имеют повсеместное развитие. В отличие от остальной территории Западно-Сибирской низменности, одним из областей которой является Зауралье, складчатый фундамент здесь занимает более высокие отметки, а олигоцен-миоценовая песчаная толща залегает гипсометрически выше аллювиального водоносного горизонта и не имеет с ним гидравлической взаимосвязи.

На территории Зауралья перспективны для хозяйственно-питьевого водоснабжения три водоносных горизонта:

1. *Аллювиальный водоносный горизонт*, приуроченный к долинам современной речной сети. В силу незначительной мощности аллювиальных отложений, особенно в Западном Зауралье, аллювиальный водоносный горизонт используется преимущественно для водоснабжения небольших потребителей.

2. *Олигоценый водоносный горизонт* в отложениях куртамышской и наурзумской свит является первым от поверхности на водораздельных пространствах (ОВГ).

Накопление континентальных отложений куртамышской свиты происходило в нижнем-среднем олигоцене. Для свиты характерен невыдержанный фациальный состав. Контакт песчано-глинистых отложений свиты с подстилающими чеганскими глинами обычно резкий. Контакт может быть подчеркнут слоем кварцевого гравия [2]. Однако встречаются иные разрезы, в которых наблюдается постепенный переход от чеганских глин через курганские слои мощностью 5-7 м к отложениям куртамышской свиты. Мощность свиты в среднем 10-30 м, иногда достигает 80 м.

В верхнем олигоцене происходило накопление континентальных отложений наурзумской свиты, залегающих часто с размывом на ниже-среднеолигоценых породах. В нижних частях верхнего олигодена преобладают разномерные пески и гравий с косою слоистостью, а в верхних – глины монтмориллонит-гидрослюдисто-каолинитового состава. Внешне наурзумские отложения отличаются от куртамышских по наличию кристаллического каолинита в белых глинах, образующего «монетные» столбики, а также плохой сортировкой обломочного материала и его преимущественно кварцевым составом. Мощность свиты не превышает 15 м.

Согласно материалам Уралгидроэксспедиции, олигоценые континентальные отложения занимают самое верхнее положение в стратиграфическом разрезе, слагая водораздельные участки. Отложения представлены преимущественно водоносными песками с прослоями светло-серых и шоколадно-коричневых глин. Пески кварцевые различной зернистости, но преобладают тонкозернистые с размером зёрен 0,25 – 0,05 мм, содержание которых достигает 75-90 %. Мощность

песков в среднем составляет 10 – 15 м. Водоупором служат морские отложения чеганской свиты, представленные листоватыми глинами.

Из-за невыдержанности мощности и литологического состава использование ресурсов олигоценового водоносного горизонта ограничено, несмотря на наилучшие показатели качества подземных вод горизонта.

3. *Нижнеэоценовый (опоковый) водоносный горизонт* в морских отложениях серовской свиты замыкает перечень [2]. В Зауралье он имеет исключительное водохозяйственное значение. Большинство крупных населенных пунктов Зауралья использует для хозяйственно-питьевых целей ресурсы опокового водоносного горизонта, например, Солодиловский водозабор для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Камышлова, групповые водозаборы городов Ирбита и Туринска. Однако последними исследованиями установлено, что подземные воды опок практически повсеместно естественно некондиционны для питьевого водоснабжения по содержанию ряда элементов. Главным образом, это бор, бром и литий (от 2 до 4 ПДК). Для восточных районов Зауралья к сверхнормативным концентрациям микроэлементов добавляется повышенное содержание солей макрокомпонентов (общая минерализация) и концентрация хлоридов. На сегодняшний день эффективные методы водоподготовки для доведения вод опокового горизонта для питьевых кондиций практически отсутствуют или чрезвычайно дороги и малопроизводительны.

Таким образом, в Зауралье сложилась практически катастрофическая ситуация с питьевым водоснабжением. Население целого региона (несколько сот тысяч человек) вынуждено использовать для питья некондиционную воду. Единственной реально существующей альтернативой является бутылированная питьевая вода, широкое потребление которой ограничено экономическим неблагополучием этой сельскохозяйственно ориентированной территории.

Наиболее полные исследования региональных особенностей олигоценового водоносного горизонта выполнены А.В. Скалиным в период его работы в Уральской гидрогеологической экспедиции. В 1987-1990 гг. им произведена региональная оценка ресурсов ОВГ. Однако после указанного периода появились новые данные, которые позволяют уточнить ранее выполненные региональные обобщения. В частности, Уралгидроэкспедицией в Зауралье выполнены ряд поисково-разведочных работ для водоснабжения р. ц. Байкалово, Тугулым, пос. Бутка, Елань, Городище, Н. Иленка, Вязовка, Пульниково и других сельских населенных пунктов Байкаловского, Пышминского, Талицкого, Тугулымского районов (табл. 1).

В этой связи особую актуальность приобретает максимальное освоение ресурсов олигоценового водоносного горизонта. Наибольший практический интерес представляет площадная изменчивость мощности ОВГ, поскольку именно этот показатель определяет его эксплуатационную перспективность. На рис. 1 представлена схематическая карта изопакит олигоценового водоносного горизонта, построенная по материалам А.В. Скалина с уточнениями авторов.

В пределах изучаемого района мощность отложений олигоцена изменяется от 0 до 50 м и более. К долинам крупных рек (р. Пышма, Ница, Тура) приурочены участки размыва олигоценового водоносного горизонта. Наибольшую мощность горизонт имеет на водоразделах, что, по мнению Скалина А.В., связано с наличием на этих участках мезозойских прadolин.

Участки олигоценовых отложений с мощностью 5-10 м в основном встречаются в западной части Зауралья, западнее г. Камышлова в бассейне р. Пышмы, Иленки, Ницы, Ирбита и их притоков. Наиболее перспективной для постановки поисково-оценочных работ является восточная часть. Здесь мощность олигоценовых отложений практически повсеместно, за исключением собственно речных долин, превышает 10-20 м. Участки с мощностью более 40 м встречаются пятнами на водоразделах рек Пышмы и Белой, Ницы и Иленки, Иленки и Липки, Липки и Ницы, Пышмы и Туры.

Сильная эрозийная расчленённость олигоценового водоносного горизонта, особенно в западной части, наличие местных базисов разгрузки в виде глубоких озёрных котловин, разбросанных на плоских водоразделах, обусловили разделение водоносных отложений на многочисленные сравнительно мелкие обособленные бассейны подземных вод, связанные с современными бассейнами местного поверхностного стока. В каждом таком бассейне сложились своя вполне определённая область питания, стока и гидродинамический режим, предопределившие всё многообразие условий залегания подземных вод и их качества. Поэтому на мелкомасштабных картах и схемах не представляется возможным изобразить региональные изменения водного зеркала, а можно лишь указать на общее постепенное снижение его в северо-восточном и восточном направлениях в соответствии с гипсометрическим положением водоносных отложений.

Таблица 1  
 Результаты опытно-фильтрационных исследований олигоценового водоносного горизонта Тобольского артезианского бассейна  
 на территории Свердловской области

Номер на карте	Местоположение объекта (месторождения или участка месторождения пресных подземных вод)	Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания статического уровня, м	Удельный дебит $q$ , л/с*м	Водопроницаемость $T$ , м <sup>2</sup> /сут	Коэффициент уравниваемости $a$ , м <sup>2</sup> /сут	Коэффициент гравитационной водоотдачи $\mu$
1	Байкаловский район, в 5,5 км ЮЗ д. Елани	12,5	19,9	0,23	106	1800	0,058
2	Байкаловский район, в 8 км СЗ д. Городище	18,8	14,6	1,06	130	н.с.	н.с.
3	Байкаловский район, в 4,8 км ЮВ д. Елани	11	10,6	0,41	57	200	0,22
4	Байкаловский район, в 3 км ЮВ д. Н. Иленки	13,5	3	0,86	97	2600	0,037
5	Байкаловский район, в 5 км ЮВ д. Н. Иленки	16	3,5	0,67	107	2600	0,041
6	Байкаловский район, в 4 км ЮЗ д. Вязовки	26,4	4,6	1,67	333	н.с.	н.с.
7	Байкаловский район, в 6 км ЮЗ р. п. Байкалово	14,6	11,4	0,75	165	1500	0,11
8	Пышминский район, в 4 км ЮЗ деревни Пулькиново	23,8	3	1,66	286	1800	0,016
9	Талицкий район, на северной окраине д. Борзинково	44	6,2	0,13	131	50000	0,003
10	Талицкий район, в 6,6 км СЗ пос. Бутка	52	8	0,78	250	180000	0,001
11	Талицкий район, Журавлёвский уч-к	23	4,2	н.с.	106	1700	0,062
12	Тутульмский район, Лутовской уч-к	20	3,9	н.с.	158	1500	0,105
13	Тутульмский район, Двинский уч-к	20	6,2	н.с.	120	900	0,133
14	Талицкий район, Октябрьский уч-к	18	5,1	н.с.	198	1800	0,11
15	Тутульмский район, Ядрынниковский уч-к	20	6,6	н.с.	111	800	0,139
16	Талицкий район, окраина д. Смолинское	25	7,7	н.с.	133	860	0,155
17	Тутульмский район, на восточной окраине р. п. Тутульм	20	4,21	1,19	222	2400	0,093

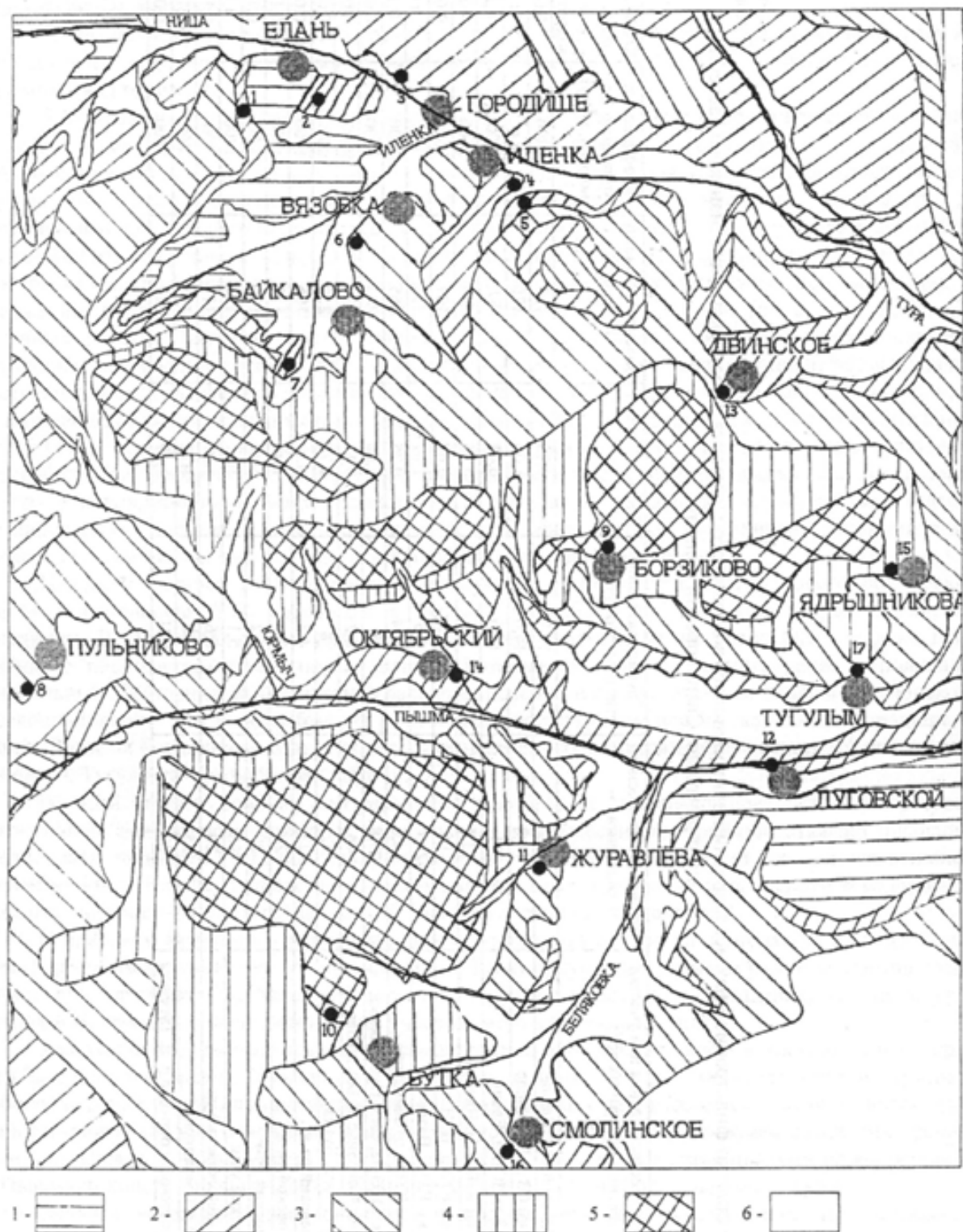


Рис. 1. Схематическая карта мощности олигоценового водоносного горизонта. Масштаб 1:500000:

Условные обозначения. I. Мощность олигоцен-четвертичных отложений: 1 – 5-10 м, 2 – 10-20 м, 3 – 20-30 м, 4 – 30-40 м, 5 – >40 м, 6 – участки размыва  $P_3$  отложений. II. Цифры – номера участков поисково-разведочных работ согласно табл. 1

Для большинства бассейнов западной части характерно наличие свободного уровня подземных вод. На востоке, где в кровле горизонта часто залегают глины аральской свиты, воды нередко обладают небольшим напором. Глубина залегания уровня изменяется в широких пределах:



от нуля в местах разгрузки до 24 м в областях питания и водоразделах между бассейнами. Чаще же он находится на глубине 5-15 м.

Водообильность песчаных отложений среднего и верхнего олигоцена крайне неравномерная и чаще весьма небольшая. Дебиты скважин изменяются от тысячных долей до 3-5 дм<sup>3</sup>/с, удельный дебит - от тысячных долей до 1,0 дм<sup>3</sup>/с.

На рассмотренных участках мощность ОВГ изменяется в пределах 11-52 м, глубина залегания статического уровня – 3-20 м, удельный дебит не превышает 1,67 дм<sup>3</sup>/с\*м (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика изменчивости гидрогеологических параметров олигоценового водоносного горизонта Зауралья

Показатель	Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания статического уровня, м	Удельный дебит $q$ , л/с*м	Водопроницаемость $T$ , м <sup>2</sup> /сут	Коэффициент урнепроводности $a$ , м <sup>2</sup> /сут	Коэффициент гравитационной водоотдачи $\mu$
Максимальные значения	52,00	19,90	4,00	333,00	180000,00	7,00
Минимальные значения	11,00	3,00	0,13	5,00	6,00	0,00
Среднее	22,81	7,09	1,12	152,05	14992,12	0,49
Среднеквадратичное отклонение	10,63	4,49	1,03	78,86	44114,20	1,68
Коэффициент вариации	46,60	63,32	92,27	51,86	294,25	342,91

Качество вод разнообразное и изменяется от пресных до солёных, а по степени минерализации - от 0,18 до 14,0 г/дм<sup>3</sup>. По химическому составу преобладают в равных количествах три группы вод: гидрокарбонатные кальциево-магниевого, гидрокарбонатные натриевые (содовые), хлоридные натриевые. Местами встречаются сульфатные кальциевые и сульфатные натриево-кальциевые воды.

Невыдержанная мощность песков определяет, согласно классификации ГКЗ, вторую категорию сложности гидрогеологических условий разведанных месторождений, на которых продуктивным элементом является ОВГ. Основным способом схематизации водоносного горизонта является представление его в виде безнапорного двухслойного пласта с верхним слабопроницаемым слоем высокой ёмкости. При этом оценка эксплуатационных запасов того или иного участка производится, главным образом, гидродинамическим методом, в основе которого лежат расчетные гидрогеологические параметры.

Для получения гидрогеологических параметров выполняются опытные кустовые откачки продолжительностью от 7 до 24 сут. В Зауралье опытный куст обычно включает 5-6 наблюдательных скважин, расположенных на двух взаимно перпендикулярных лучах. Расстояние от возмущающей до соответствующей наблюдательной скважины  $r_n$  определяется по известной полуэмпирической формуле

$$r_n = r_1 \cdot \alpha^{n-1},$$

где  $r_1$  – расстояние от центральной до ближайшей наблюдательной скважины;  $\alpha$  – эмпирический коэффициент, принимаемый для безнапорных горизонтов равным 1,5;  $n$  – порядковый номер наблюдательной скважины.

Расстояние до ближайшей наблюдательной скважины ( $r_1$ ) обычно принимается равным мощности водоносного горизонта. Для фиксации положения свободного уровня подземных вод куст дополняется скважиной-пьезометром на верхний слабопроницаемый слой.

В работе [1] выделяется несколько схем для обработки результатов опытно-фильтрационных работ. Для схемы двухслойного пласта типовой график выглядит следующим образом (рис. 2, а).

На нём видно три участка: I - водоносный горизонт работает как изолированный напорный пласт; II - ложная стабилизация за счет включения верхнего слабопроницаемого слоя; III – гравитационный, двухслойная толща работает как один водоносный горизонт. Первый участок графика используется для определения параметров нижнего более проницаемого слоя (водопроницаемости, коэффициента урне (пьеzo) проводности, коэффициента водоотдачи). Третий участок пригоден для определения водопроницаемости нижнего слоя и водоотдачи верхнего слабопроницаемого слоя.

При обработке результатов опытно-фильтрационных работ на всех индикаторных графиках достаточно отчетливо проявляются два этапа фильтрации – упругий и ложнестационарный, а при достаточной длительности откачке - и третий (рис. 2, б).

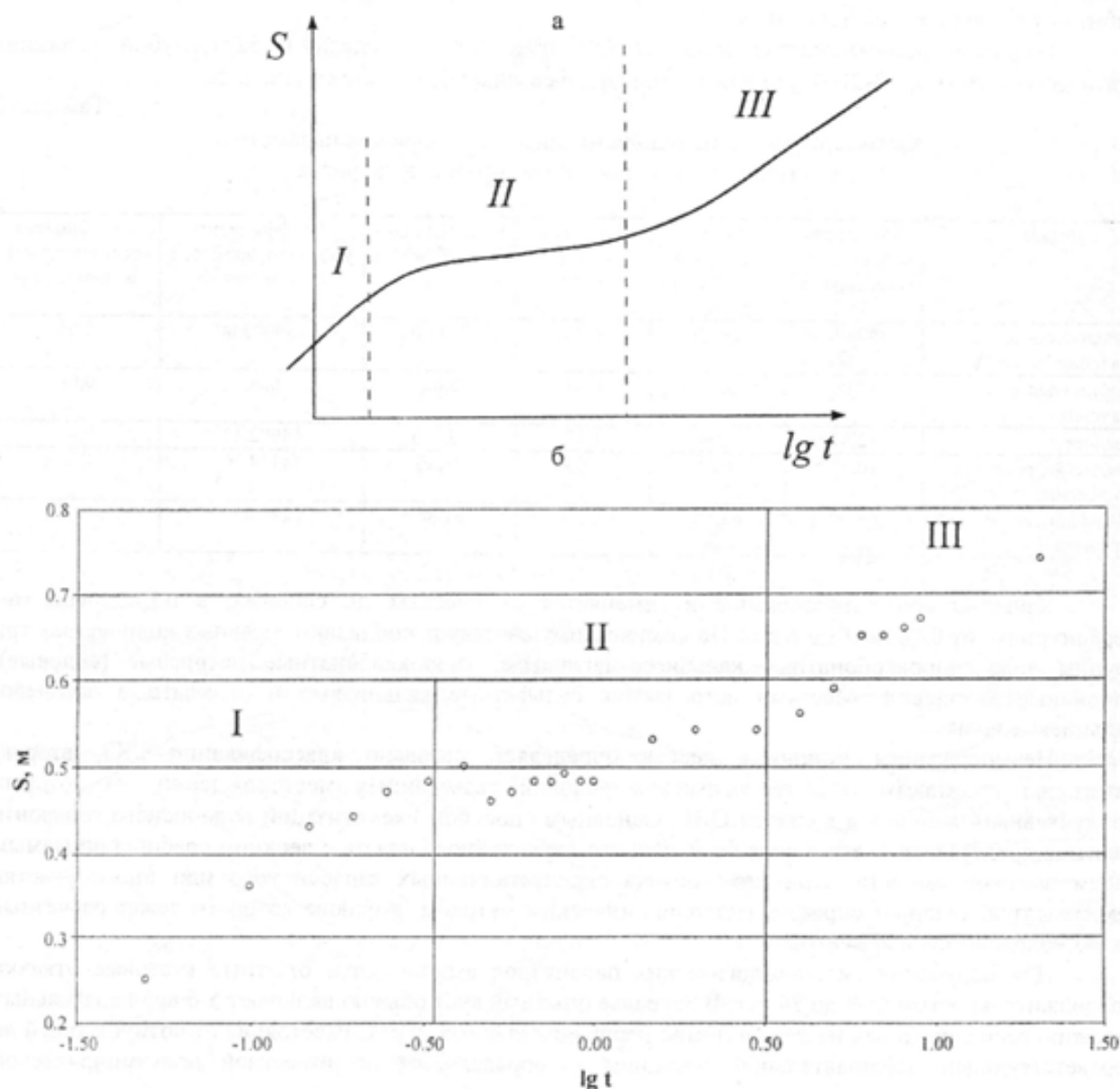


Рис. 2. Зависимость  $S=f(\lg t)$  при обработке опытной кустовой откачки на Луговском участке

Упругий гидродинамический режим фильтрации проявляется быстротечно, в течение первых часов (реже, часа) достаточно плавным снижением уровней в опробуемом водопроницаемом слое при неизменном положении уровня его свободной поверхности в верхнем слабопроницаемом слое. Водоотдача этого периода фильтрации носит упругий характер, а распределение напоров описывается уравнением для напорных пластов.

Рост депрессионной воронки на этой стадии происходит интенсивно. Понижение уровня воды в дальних наблюдательных скважинах куста фиксируется уже в первые минуты после начала опыта.

Упругий режим фильтрации постепенно сменяется ложнестационарным, который продолжается несколько суток. На данном этапе фильтрации происходит стабилизация уровней в скважинах на основной горизонт и снижение уровней в скважинах на свободную поверхность, вследствие временного равновесия между увеличивающимся поступлением воды из верхней части пласта и водоотбором.

Гравитационный режим фильтрации проявляется в интенсивном снижении уровней как в основном горизонте, так и его свободной поверхности. Этот этап является наиболее представительным и позволяет определить полный набор гидрогеологических параметров. Опытное опробование должно быть достаточной продолжительности, чтобы достигнуть именно этот этап.

На рис. 2, б представлен типовой график временного прослеживания, построенный по данным опытной кустовой откачки на одном из разведанных участков, обозначенном на рис. 1 и в табл. 1 под номером 12. Достижение гравитационного режима фильтрации в данном примере произошло через трое сут.

В табл. 2 представлены гидрогеологические параметры, полученные по данным опытно-фильтрационных работ. Значения параметров различаются на несколько порядков: коэффициент водопроницаемости от  $57$  до  $333 \text{ м}^2/\text{сут}$ , коэффициент урвнеспроводности (пъезопроводности) —  $0,2 \times 10^3 - 18 \times 10^4 \text{ м}^2/\text{сут}$ , водоотдача —  $0,001-0,22$ . Проведённый статистический анализ показал высокие значения среднеквадратичного отклонения и коэффициента вариации. Это означает, что в выборке значения исследуемых признаков широко колеблются вокруг среднего и доказывает высокую фильтрационную неоднородность олигоценового водоносного горизонта.

## ВЫВОДЫ

1. Олигоценый водоносный горизонт характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными как невыдержанной мощностью песчаных отложений, так и высокой фильтрационной неоднородностью. Участки с высокой (перспективной для эксплуатации) мощностью водоносного горизонта приурочены чаще всего к водораздельным пространствам.

2. Разработана и широко апробирована методика изучения и оценки эксплуатационных запасов олигоценового водоносного горизонта на конкретных месторождениях и участках, включающая выполнение опытной кустовой откачки для определения расчетных гидрогеологических параметров.

3. Решение вопроса хозяйственно-питьевого водоснабжения значительной части Свердловской области требует дальнейшего изучения региональных закономерностей олигоценового водоносного горизонта. Достоверные региональные характеристики позволят точнее сориентировать поисково-оценочные гидрогеологические работы и разработать схемы водоснабжения конкретных населенных пунктов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра, 1979. 326 с.
2. Гидрогеология СССР. Том XIV. Урал. М., 1972. 628 с.

УДК 556.388 (575.11)

И.В. Абатурова, И.А. Савицев

## МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ И ПРОТАИВАНИЯ

Изучение закономерностей формирования температурного режима пород в слое годовых колебаний температуры неразрывно связано с изучением закономерностей формирования слоя сезонного промерзания и слоя сезонного оттаивания, так как именно в этих слоях реализуется основная часть тепловых процессов, к которым, в первую очередь, относятся годовые теплообороты и тепловлагоперенос.

Годовые теплообороты в горных породах являются составной частью радиационно-теплового баланса земной поверхности и могут быть представлены как функция температурного режима