

Оптимизация подхода к выбору конструкций водозаборных скважин, эксплуатирующих олигоценые отложения в Западной Сибири

Бердова Д.В., Теняков Е.О.

ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия
dvberdova@tnnc.rosneft.ru

Аннотация

В статье обоснована необходимость использования данных гидрогеологической изученности при обосновании конструкций водозаборных скважин для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения. Рассматриваемый пример иллюстрирует возможность снижения капитальных затрат на строительство скважин при сохранении возможностей водообеспечения.

Материалы и методы

Для написания статьи использованы данные о конструкции и каптажных характеристиках более чем 800 водозаборных скважин, эксплуатирующих олигоценые отложения в Западной Сибири, а также информация по опытно-фильтрационным работам. Выполнена статистическая обработка полученных данных, построены карты и определены характерные значения

гидрогеологических параметров. На основании полученных данных уточнены возможности водообеспечения.

Ключевые слова

подземные воды, атлым-новомихайловский водоносный комплекс, опытно-фильтрационные работы, водозаборные скважины, Западная Сибирь

Для цитирования

Бердова Д.В., Теняков Е.О. Оптимизация подхода к выбору конструкций водозаборных скважин, эксплуатирующих отложения в Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 7. С. 48–52. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-7-48-52

Поступила в редакцию: 18.09.2024

HYDROGEOLOGY

UDC 556.3 | Original Paper

Optimizing the approach to selecting the design of water-supply wells producing from Oligocene deposits in West Siberia

Berdova D.V., Tenyakov E.O.

“Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia
dvberdova@tnnc.rosneft.ru

Abstract

The article gives reasons for the need of using hydrogeological study data when substantiating water-supply well designs for domestic water supply purposes. The example under consideration illustrates the possibility of reducing capital costs of wells construction while maintaining water supply capabilities.

Materials and methods

To write the paper, we used data on well designs and captation characteristics of more than 800 water-supply wells producing from Oligocene deposits in West Siberia, as well as information on aquifer tests. Data statistics were processed, maps were generated,

representative hydrogeological parameters were determined. Based on data obtained, the possibilities of water supply were clarified.

Keywords

groundwater, Atlym-Novomikhailovsky aquifer, aquifer tests, water-supply wells, West Siberia

For citation

Berdova D.V., Tenyakov E.O. Optimizing the approach to selecting the design of water-supply wells producing from Oligocene deposits in West Siberia. Exposition Oil Gas, 2024, issue 7, P. 48–52. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-7-48-52

Received: 18.09.2024

Введение

Поскольку атлым-новомихайловский водоносный комплекс (ВК) представляет собой сложнопостроенную толщу мощностью до 250 м, в ней выделяются несколько водонасыщенных зон, отличающихся по своим гидрогеологическим показателям. Верхние интервалы атлым-новомихайловского ВК могут быть более водообильными по сравнению с нижними, при этом фильтры скважин зачастую оборудованы на приподошвенную часть эксплуатационного объекта. Такой подход приводит к излишним затратам на строительство скважин. В случаях когда приподошвенная часть ВК является более водообильной, верхние интервалы могут использоваться при небольших проектных нагрузках и полностью обеспечивать потребность недропользователя в воде.

Целью работы является разработка наиболее эффективного подхода к проектированию водозаборных скважин с учетом геологического строения, режима водопользования и гидрогеологических параметров водоносного комплекса олигоценых отложений (новомихайловский и атлымский горизонты) на территории Западной Сибири.

Актуальность темы связана с изменившимися требованиями по пожарной безопасности на нефтепромысловых объектах, вследствие чего недропользователи вынуждены реконструировать водозаборные сооружения, повышая их производительность. Также практическая значимость исследования обоснована необходимостью замены фонда водозаборных скважин в связи с его устареванием и постепенным отказом от использования поверхностных источников водоснабжения, в связи с более строгими требованиями к ним, в пользу подземных вод. Значительное число водозаборных скважин по рассмотренному району были пробурены в 80-х – начале 90-х гг. прошлого века (41 % проанализированного фонда). Отметим, что среди скважин, которые пробурены после 1992 года, увеличилось количество скважин, каптирующих верхние интервалы атлым-новомихайловского водоносного комплекса, что может быть связано с более рациональным подходом к затрачиваемым ресурсам.

Общие сведения об участке работ и районирование территории

Разрез олигоценых отложений территории Западной Сибири рассмотрен на основании данных, полученных в ходе проведения работ на водозаборных участках и месторождениях подземных вод Уватского, Вагайского, Тобольского районов юга Тюменской области, Нефтеюганского, Нижневартовского, Октябрьского, Сургутского, Ханты-Мансийского районов Ханты-Мансийского автономного округа и Александровского, Каргасокского, Парabelьского районов Томской области [3].

Атлым-новомихайловский водоносный комплекс приурочен к отложениям атлымской и новомихайловской свит. В основании толщ олигоценых отложений залегает атлымская свита, вверх по разрезу постепенно переходящая в новомихайловскую. Ввиду отсутствия регионально выдержанной литологической границы между ними разделение этих свит обычно производится по палинологическим данным, а также возможно прямое разделение по наличию маломощного прослоя непроницаемых отложений.

Кровля атлым-новомихайловской свиты в пределах рассматриваемой территории

залегает на глубинах 20–140 м, подошва — 90–325 м. Общая мощность свиты изменяется от 60 до 250 м и чаще всего составляет 180–190 м. Рассматриваемая толща представлена песками, алевролитами и глинами с прослоями лигнитов, причем пески обычно преобладают в нижней, а алевролиты и глины в средней и особенно верхней части разреза.

Различия в литологическом составе пород отражаются на гидрогеологических

характеристиках верхнего и нижнего горизонтов.

Основными расчетными параметрами при оценке запасов подземных вод являются коэффициент водопроницаемости и коэффициент пьезопроводности [4]. При первом приближении можно сказать, что нижний горизонт обладает более высокими параметрами. Для уточнения значений параметров было выполнено районирование.

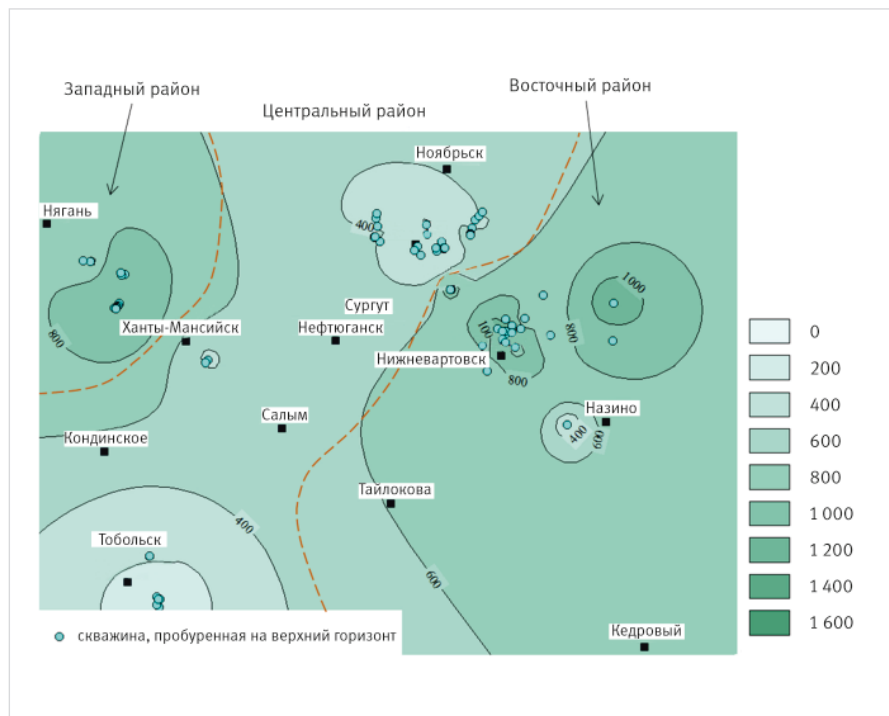


Рис. 1. Районирование территории по коэффициенту водопроницаемости для верхнего горизонта

Fig. 1. Zoning of the area by aquifer transmissivity (the upper horizon)

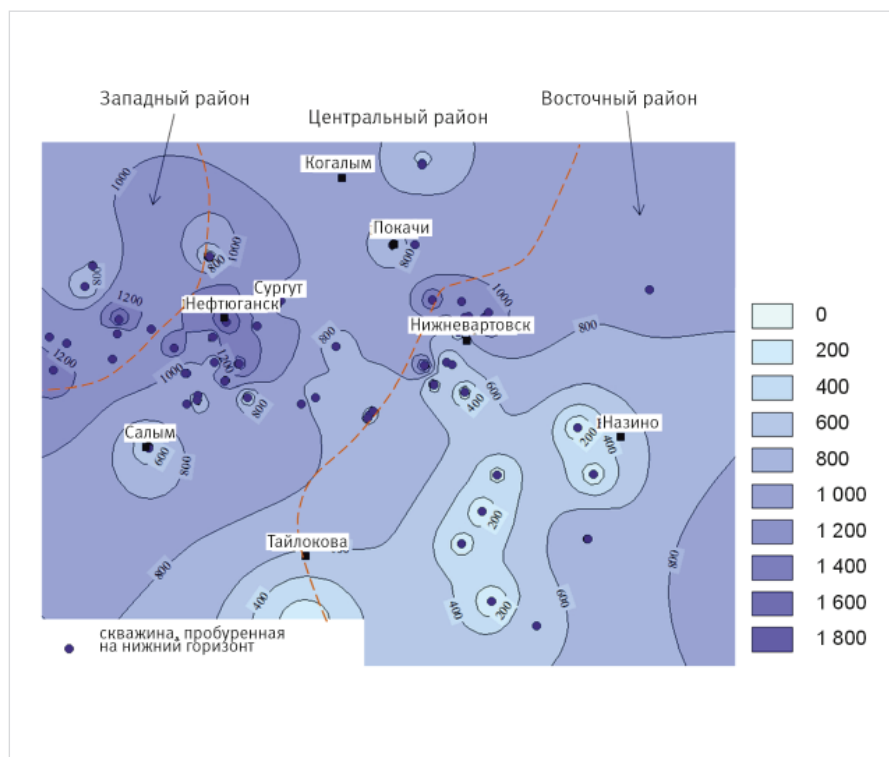


Рис. 2. Районирование территории по коэффициенту водопроницаемости для нижнего горизонта

Fig. 2. Zoning of the area by aquifer transmissivity (the lower horizon)

Районирование атлымского и новомихайловского горизонтов проводилось на основании результатов интерпретации ОФР по более чем 800 скважинам, все скважины разделены на две группы: пробуренные на верхний и нижний горизонты [2, 3]. По точечным данным построены карты распределения параметров, после чего территория разделена на три характерных района (рис. 1,2). Полученные районы охарактеризованы интервалами распределения значений коэффициентов водопроницаемости и пьезопроводности (табл. 1).

По результатам районирования и определения средних значений параметров можно сделать вывод, что в западном и восточном районах наиболее перспективным является верхний горизонт, а для центрального района — нижний. Несмотря на это, в центральном районе для обеспечения потребности в воде до 5 000 м³/сут целесообразно бурение неглубоких скважин, каптирующих отложения верхнего горизонта.

Возможности водообеспечения

В подтверждение возможности обеспечения потребности в воде при эксплуатации как верхнего, так и нижнего горизонтов, было проведено сравнение конструкций скважин, каптирующих разные горизонты, и их возможностей водообеспечения. В качестве примера использованы две скважины единого водозаборного участка месторождения, расположенного в 15 км от г. Нижневартовска [3]. Сравнение характеристик по скважинам приведено в таблице 2.

Сравнение результатов ОФР подтверждает ранее сделанный вывод о том, что нижний горизонт является более водообильным,

но оба горизонта одинаково способны обеспечивать заявленную потребность в воде.

Еще одним важным фактором определения параметров скважин и горизонтов, связанным с процессом бурения, является проведение опытно-фильтрационных работ после бурения скважин — строительных откачек. Зачастую данные, заносимые в паспорт водозаборной скважины, не подтверждаются данными реально проведенных исследований. Из рисунка 3 видно, что большая часть дебитов скважин, указанных в паспортах, соответствует заявленной производительности насосов и не характеризует реальную производительность скважины. Впоследствии некорректные данные вводят в заблуждение проектировщиков, принимающих результаты таких исследований в качестве аналога для соседнего объекта.

Также гипотеза о недостоверности данных строительных откачек подтверждается статистикой встречаемости значений дебита для строительных и опытных откачек. При анализе данных, полученных в ходе опытных откачек, получается более равномерное распределение частоты встречаемости разных значений дебитов, в отличие от строительных откачек, когда все значения попадают в один интервал встречаемости.

Проведение опытно-фильтрационных работ и интерпретация результатов являются необходимым этапом в ходе выполнения оценки запасов подземных вод, полученные данные используются для расчета прогнозных понижений и оценки обеспеченности водоносного горизонта. Запасы подземных воды считаются обеспеченными, если рассчитанное прогнозное понижение меньше допустимого. На рассматриваемой

территории в качестве допустимого понижения принимается величина напора над кровлей атлым-новомихайловского водоносного комплекса.

Расчетное понижение получено как сумма понижения уровня подземных вод непосредственно в скважине (уравнение Тейса-Джейкоба) и понижения за счет несовершенства скважины [1, 7].

Расчеты понижений были выполнены для верхнего и нижнего горизонтов в каждом районе для трех вариантов водопотребности, (< 700 м³/сут — 1 скважина, 700–5000 м³/сут — 8 скважин и > 5000 м³/сут — 35 скважин), причем максимальная нагрузка на одну скважину принята по максимальной производительности насоса ЭЦВ-8-25 — 700 м³/сут, расстояние между скважинами — 50 м (табл. 3).

По полученным расчетам прогнозного понижения установлено, что потребность в воде обеспечивается эксплуатацией как верхнего, так и нижнего горизонтов. Для исключения вариантов необеспеченности запасов в связи с прогнозируемым превышением допустимого уровня подземных вод для модельного водозабора с потребностью > 5000 м³/сут нижнего горизонта западного района и верхнего горизонта центрального района количество скважин было увеличено до 45, расстояние между ними — до 200 м, максимальный дебит скважин уменьшен до 555 м³/сут.

После внесенных поправок был произведен расчет экономического эффекта от внедрения оптимизации за счет бурения скважин на верхний горизонт в сравнении с нижним. В 8 из 9 модельных водозаборов бурение скважин на верхний горизонт оказалось более целесообразным с экономической точки зрения, исключение составил водозабор

Табл. 1. Распределение значений гидрогеологических параметров по результатам районирования
Tab. 1. Distribution of hydrogeological parameters by zonation results

Параметр	Верхний горизонт			Нижний горизонт			
	Западный район	Центральный район	Восточный район	Западный район	Центральный район	Восточный район	
Коэффициент водопроницаемости, м ² /сут	мин	500	26	217	250	164	14
	макс	937	869	1 579	1 288	2 443	1 522
	средн	891	288	921	458	1 090	657
Коэффициент пьезопроводности, м ² /сут	мин		0,09·10 ⁶	1,2·10 ⁶	0,22·10 ⁶	0,09·10 ⁶	0,025·10 ⁶
	макс	2,1·10 ⁶	3,71·10 ⁶	1,4·10 ⁶	0,45·10 ⁶	7,7·10 ⁶	6,4·10 ⁶
	средн		0,78·10 ⁶	1,25·10 ⁶	0,39·10 ⁶	1,45·10 ⁶	0,97·10 ⁶

с потребностью >5 000 м³/сут в центральном районе.

Кроме характеристик горизонтов в части водообильности важное значение для питьевого и хозяйственного бытового водоснабжения имеет качество подземных вод. При использовании для этих целей качество подземных вод должно соответствовать нормам, устанавливаемым СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [5]. Подземные воды верхнего и нижнего горизонтов идентичны по химическому составу. Превышения норм ПДК СанПиН по запаху, цветности, мутности, железу и марганцу связаны с региональными природными условиями Западно-Сибирского артезианского бассейна, микробиологические и радиологические показатели соответствуют нормам. Использование вод возможно после проведения водоподготовки. Защищенность горизонтов от микробного загрязнения обеспечивается мощной толщей вышележащих неоген-четвертичных отложений [6].

Итоги

По результатам исследования можно сделать вывод, что верхний (новомихайловский) и нижний (атлымский) горизонты могут обеспечить водоснабжение объектов как с низкой (до 700 м³/сут), так и высокой (до 25 000 м³/сут) потребностью.

В ходе работы выполнено всестороннее обоснование возможности эксплуатации верхнего горизонта и сравнение его характеристик с нижним. Проведен анализ корректности проведения строительных откачек и их интерпретации, даны рекомендации по использованию

Табл. 2. Сравнение результатов опытно-фильтрационных работ для скважин, пробуренных на нижний (скв. 1) и верхний (скв. 2) горизонты

Tab. 2. Comparison of aquifer testing results for wells drilled to the lower horizon (well 1) and upper horizon (well 2)

Параметр	скв. 1	скв. 2
Целевой горизонт	нижний, P _{3at}	верхний, P _{3nm}
Глубина установки фильтра, м	185–193	115–135
Q (дебит), дм ³ /с	3,55	3,53
Нд (динамический уровень), м	14,26	19,99
Нст (статический уровень), м	5,58	4,48
S (понижение уровня), м	8,68	15,51
q (удельный дебит — отношение дебита к понижению), дм ³ /с/м	0,41	0,23

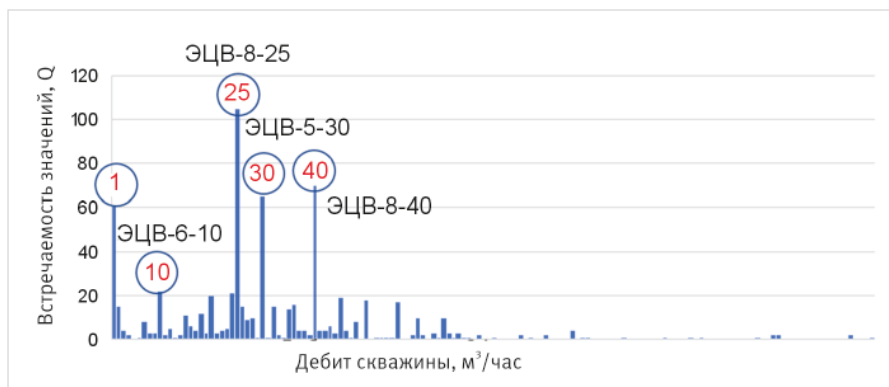


Рис. 3. Статистика встречаемости значений дебита скважин по данным пробных откачек

Fig. 3. Statistics on the occurrence of well flow rates based on aquifer inflow test data

Табл. 3. Результат расчета прогнозного понижения уровня гидродинамическим методом

Tab. 3. The result of calculating predicted level lowering by hydrodynamic method

Район/ Водо- забор	Параметр	Западный район		Центральный район		Восточный район	
		верхний горизонт	нижний горизонт	верхний горизонт	нижний горизонт	верхний горизонт	нижний горизонт
Модельный водозабор 1 (1 скважина)	km, м ² /сут	891	458	288	1 090	921	657
	a, м ² /сут	2,1	0,39	0,78	1,45	1,25	0,97
	S _{скв} , м	1,8	3,4	5,5	1,5	1,7	2,4
	S _{несов} , м	0,1	7,5	11,8	2,1	3,7	2,8
	S _{расч} , м	1,9	10,9	17,3	3,6	5,4	5,2
	S _{доп} , м		53		88		72
Модельный водозабор 2 (8 скважин)	km, м ² /сут	891	458	288	1090	921	657
	a, м ² /сут	2,1	0,39	0,78	1,45	1,25	0,97
	S _{скв} , м	8,7	15,4	25,5	7	8,2	11,3
	S _{несов} , м	0,1	7,5	11,8	2,1	3,7	2,8
	S _{расч} , м	8,8	22,9	37,3	9,1	11,9	14,1
	S _{доп} , м		53		88		72
Модельный водозабор 3 (35 скважин)	km, м ² /сут	891	458	288	1090	921	657
	a, м ² /сут	2,1	0,39	0,78	1,45	1,25	0,97
	S _{скв} , м	32,6	56,2	94	25,9	26,5	41,9
	S _{несов} , м	0,1	7,5	11,8	2,1	3,7	2,8
	S _{расч} , м	32,7	63,7	105,8	28	56,9	44,7
	S _{доп} , м		53		88		72

*km — коэффициент водопроницаемости, a — коэффициент пьезопроводности, S_{скв} — собственное понижение в скважине, S_{несов} — понижение за счет несовершенства скважины, S_{расч} — расчетное понижение, S_{доп} — допустимое понижение
51зеленый — S_{расч} < S_{доп}, оптимально, желтый — S_{расч} < S_{доп}, не оптимально красный — S_{расч} > S_{доп}, потребность не обеспечена

данных опытных исследований в проектных работах. Посчитаны прогнозные понижения, которые говорят об обеспеченности запасов принятых схем водозаборных участков во всех случаях, кроме эксплуатации нижнего горизонта в западном районе и верхнего горизонта в центральном районе.

В соответствии с прогнозными расчетами установлено, что для модельных водозаборов с потребностью до 5 000 м³/сут в конструкциях скважин следует предусматривать водоприемную часть в верхнем интервале (новомихайловская свита). Для модельного водозабора с потребностью до 25 000 м³/сут конструкции скважин следует выбирать в зависимости от географического положения объекта в соответствии с представленной в данной работе схемой районирования.

Описанный в работе подход может быть масштабирован на территорию Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), а также возможно проведение более дробного районирования на территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) и юга Тюменской области.

Выводы

1. На основе распространения значений гидрогеологических параметров выполнено районирование территории для новомихайловского и атлымского горизонтов атлым-новомихайловского комплекса.
2. По результатам анализа исходных данных подтверждена возможность добычи проектных объемов воды как для атлымского, так и для новомихайловского горизонтов комплекса.
3. Оба горизонта также характеризуются одинаковым качественным составом вод и удовлетворяют гигиеническим требованиям.
4. Бурение скважин на новомихайловский горизонт в сравнении с нижним приведет к экономии капитальных вложений без изменения проектного объема добычи.

Литература

1. Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. Киев: Головное издательство издательского объединения, 1989. 407 с.

2. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра, 1973. 326 с.
3. Единый фонд геологической информации о недрах. URL: <https://efgi.ru/> (дата обращения: 01.09.2024).
4. Маринов Н.А., Овчинников А.М., Соколов Д.С. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Гостоптехиздат, 1960. 74 с.
5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Москва, 2021.
6. СанПиН 2.1.4.1110-02 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения». М.: Госсанэпиднадзор РФ, 2002.
7. Синдаловский Л.Н. ANSDIMAT – программный комплекс для определения параметров водоносных пластов. Санкт-Петербург: СПбГУ, 2006. 335 с.

ENGLISH

Results

According to the results of the study, it may be concluded that the upper horizon (Novomikhailovsky) and lower horizon (Atlymsky) can provide water supply to the facilities with both low supply demand (up to 700 м³/day) and high demand (up to 25 000 м³/day).

In the course of the study, a comprehensive justification of the possibility to produce the upper horizon was provided, as well as the comparison of the upper horizon's characteristics with the lower horizon was made. The analysis of consistency of performing aquifer inflow tests and test interpretation were made. Recommendations were drawn on using pilot study data in design efforts. Forecasted level declines that were calculated prove the availability of reserves within the accepted patterns of water-intake blocks in all instances, except for producing from the lower horizon in the western region and the upper horizon in the central region.

In accordance with the forecast estimations, it was found that the water intaking part should be envisaged in the upper interval (Novomikhailovskaya Formation) in well designs for water intake models with up to 5 000 м³/day demand. For water intake model with up to 25 000 м³/day demand, well designs should be selected depending on

geographical location in accordance with the zoning scheme presented in this paper.

The approach described in the paper can be scaled to the territory of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YaNAO). Also, it is possible to provide more fractional zoning in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug (KhMAO) and the south of Tyumen Region.

Conclusions

1. Based on hydrogeological parameters distribution, a zonation was made for the Novomikhailovsky and Atlymsky horizons within the Atlym-Novomikhailovsky Sequence.
2. Initial data analysis results confirmed the possibility of producing designed water volumes from both the Atlymsky, and Novomikhailovsky horizons within the Atlym-Novomikhailovsky Sequences.
3. Both horizons are also characterized by the same qualitative water composition and meet hygienic requirements.
4. Drilling wells for the Novomikhailovsky horizon, as compared with drilling for the lower horizon, will lead to saving capital investments, without change in designed production volumes.

References

1. Borevskii B.V., Drobnohod N.I., Iazvin L.S. Underground water reserves estimation. Kiev: Head publisher's house of publishing association, 1989, 407 p. (In Russ).
2. Borevskii B.V., Samsonov B.G., Iazvin L.S. Technique of determining the parameters of aquifer horizons by inflow test data. Moscow: Nedra, 1973, 326 p. (In Russ).
3. Unified fund of subsurface geological information. URL: <https://efgi.ru/> (accessed: 01.09.2024). (In Russ).
4. Marinov N.A., Ovchinnikov A.M., Sokolov D.S. Hydrogeology and engineering geology dictionary. Moscow: Gostoptekhizdat, 1960, 74 p. (In Russ).
5. SanPiN 1.2.3685-21 Hygienic regulations and requirements providing safety and security of habitat factors for humans. Moscow: 2021. (In Russ).
6. SanPiN 2.1.4.1110-02 Drinking water and water supply of populated areas. Protective sanitary zones of water-supply sources and utility/potable water pipelines. Moscow: Gossanepidnadzor RF, 2002. (In Russ).
7. Sindalovskii L.N. ANSDIMAT – Software solution for determining parameters of aquifer horizons. Saint-Petersburg: SPBGU, 2006, 335 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бердова Дарья Владимировна, ведущий специалист,
ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия
Для контактов: dvberdova@tnnc.rosneft.ru

Теняков Егор Олегович, главный специалист,
ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

Berdova Daria Vladimirovna, leading specialist,
“Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia
Corresponding author: dvberdova@tnnc.rosneft.ru

Tenyakov Egor Olegovich, chief specialist,
“Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia