

Анализ основных факторов, определяющих значение удельного дебита водозаборной скважины

Юлия Олеговна РУСАКОВА^{1,2*}
Андрей Гариевич ПЛАВНИК^{1,2**}
Маргарита Владимировна ВАШУРИНА^{1,2***}
Анна Леонидовна ХРАМЦОВА^{1,2****}

¹Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Тюмень, Россия

²Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Аннотация

Цель исследования – численная характеристика основных факторов, влияющих на величину удельного дебита водозаборной скважины.

Актуальность исследования обусловлена возможностью применения полученных функциональных связей для прогноза величины удельного дебита водозаборной скважины.

Методы исследования: интерпретация кривых гамма-каротажа водозаборных скважин, корреляция ее результатов с данными исследования керна, интерполяция полученных значений по площади участка, обработка материалов гидродинамических испытаний скважин, сопоставление ее результатов с данными геофизических исследований, установление статистических связей между параметрами.

Результаты исследования и область их применения. Установлено, что величина двойного разностного параметра естественной радиоактивности водовмещающих пород значимо статистически связана с величиной глинистости образцов керна, исследованного лабораторным путем, а также с величиной водопроницаемости пород, определенной по данным гидродинамических испытаний скважин, что позволяет использовать данный параметр для характеристики фильтрационных свойств пород водоносного горизонта по величине их глинистости. Значимая статистическая связь получена между удельным дебитом водозаборной скважины и водопроницаемостью водовмещающих пород, параметром несовершенства скважины по характеру вскрытия пласта, а также параметром, численно равным отношению длины фильтра скважины к величине двойного разностного параметра естественной радиоактивности пород интервала его установки. Наличие статистической неопределенности связей обусловлено взаимным влиянием параметров. Полученные функциональные связи могут быть использованы при проектировании скважин.

Выводы. В ходе исследования подтверждено предположение, что водозаборные скважины с наибольшей длиной водоприемной части, оборудованной в наименее глинистом и, соответственно, более водопроницаемом интервале водоносного горизонта, имеют наименьшую величину несовершенства по характеру вскрытия пласта и способны обеспечить наибольший удельный дебит. Такие скважины являются наиболее эффективными при эксплуатации.

Ключевые слова: водоносный горизонт, двойной разностный параметр естественной радиоактивности, удельный дебит, несовершенство скважины, статистическая связь, коэффициент корреляции.

Введение

Подземные воды в настоящее время, в условиях постоянно растущей нагрузки на окружающую среду, являются в ряде регионов практически безальтернативным источником водоснабжения населения и объектов промышленности. В связи с этим актуальной является задача организации их наиболее эффективного каптажа, обеспечивающего высокий дебит водозаборных скважин при наименьшем понижении уровня подземных вод. Основным параметром при оценке эффективности работы водозаборного сооружения является удельный дебит скважины [1], величина которого отражает сумму факторов, определенных, с одной стороны, техническими характеристиками водозаборных скважин, с другой – геологическими особенностями разреза.

Целью исследования является определение и численная характеристика основных факторов, влияющих на величину удельного дебита водозаборной скважины.

Актуальность исследования обусловлена возможностью применения полученных функциональных связей для прогноза величины удельного дебита водозаборных скважин на перспективных для разведки территориях.

Объектом исследования являются технологические и геологические факторы на опытном участке разведки Заводоуковского месторождения, расположенного в юго-западной части Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Месторождение эксплуатирует приуроченный к отложениям олигоцена куртамышский водоносный горизонт,

✉ julrusakova@rambler.ru
**PlavnikAG@ipgg.sbras.ru
***MVashurina@tmnsc.ru
****khramtsova@tmnsc.ru

представляющий собой толщу чередующихся между собой песчаных отложений с прослоями алевритов и глин. Литологические различия часто замещают друг друга, создавая значительную неоднородность разреза. В целом верхняя часть горизонта представлена более глинистыми слабопроницаемыми отложениями, средняя и нижняя части (эффективная мощность) представлены песками мелко- и среднезернистыми глинистыми с прослоями алевритов и глин (рис. 1). Глубина залегания кровли водоносного горизонта составляет 36–43 м, общая мощность – 62–80 м, эффективная – в среднем 39 м. Статический уровень отмечен на глубине 26–37 м. Верхним водоупором горизонту служат глины и алевриты туртасского горизонта, нижним – глины тавдинской свиты эоцена.

Исходными данными для исследования являются результаты гидродинамических испытаний 15 водозаборных скважин (8 опытных кустовых и 7 одиночных откачек), гамма-каротажа (ГК), проведенного в 8 водозаборных скважинах, а также данные лабораторного определения гранулометрического состава зерна одной водозаборной скважины.

Рассматриваемые параметры разделены на две группы: А и Б. К группе А отнесены технические характеристики водозаборной скважины (длина фильтра и глубина его установки), определены в процессе бурения скважин. Параметры, характеризующие геологические особенности разреза (эффективная мощность водоносного горизонта, двойной разностный параметр естественной радиоактивности, водопроницаемость и коэффициент фильтрации водовмещающих пород) отнесены к группе Б. Эти параметры определяются в настоящем исследовании по результатам геофизических работ, гидродинамических испытаний и лабораторного исследования зерна. В эту же группу включен комплексный параметр (величина несовершенства скважины по характеру вскрытия), получаемый расчетным путем на основании значений параметров групп А и Б.

Методы исследования включают интерпретацию кривых ГК водозаборных скважин, корреляцию ее результатов с данными исследования зерна, интерполяцию полученных значений по площади участка, обработку данных гидродинамических испытаний скважин, сопоставление ее результа-

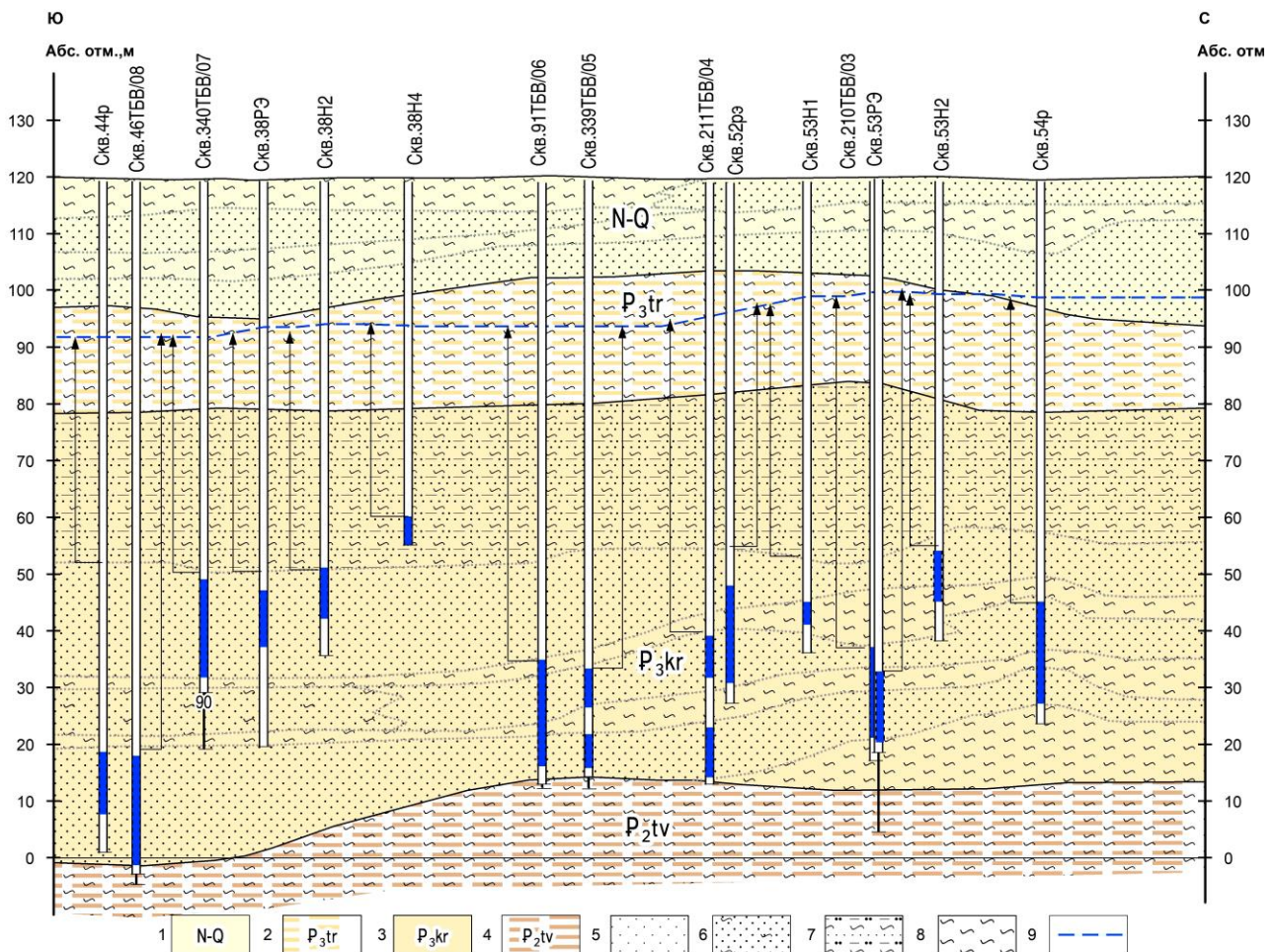


Рисунок 1. Схематический геолого-гидрогеологический разрез участка исследования: 1 – водоносный неоген-четвертичный комплекс (пески, супеси, суглинки, глины, алевриты); 2 – водоупорный, локально-слабоводоносный туртасский горизонт (глины, алевриты); 3 – водоносный куртамышский горизонт (пески, глины, алевриты); 4 – водоупорный тавдинский горизонт (глины, алевриты); 5 – пески; 6 – пески глинистые; 7 – переслаивание песков, глин, алевритов; 8 – глины плотные; 9 – положение уровня подземных вод

Figure 1. Schematic geological and hydrogeological section of the study area: 1 – aquiferous Neogene-Quaternary complex (sands, sandy loams, loams, clays, silts); 2 – impermeable, locally weakly water-bearing Turtas horizon (clays, silts); 3 – Kurtamysh aquifer (sands, clays, silts); 4 – impermeable Tavda horizon (clays, silts); 5 – sands; 6 – clayey sands; 7 – interbedding of sands, clays, silts; 8 – dense clays; 9 – the position of the groundwater level

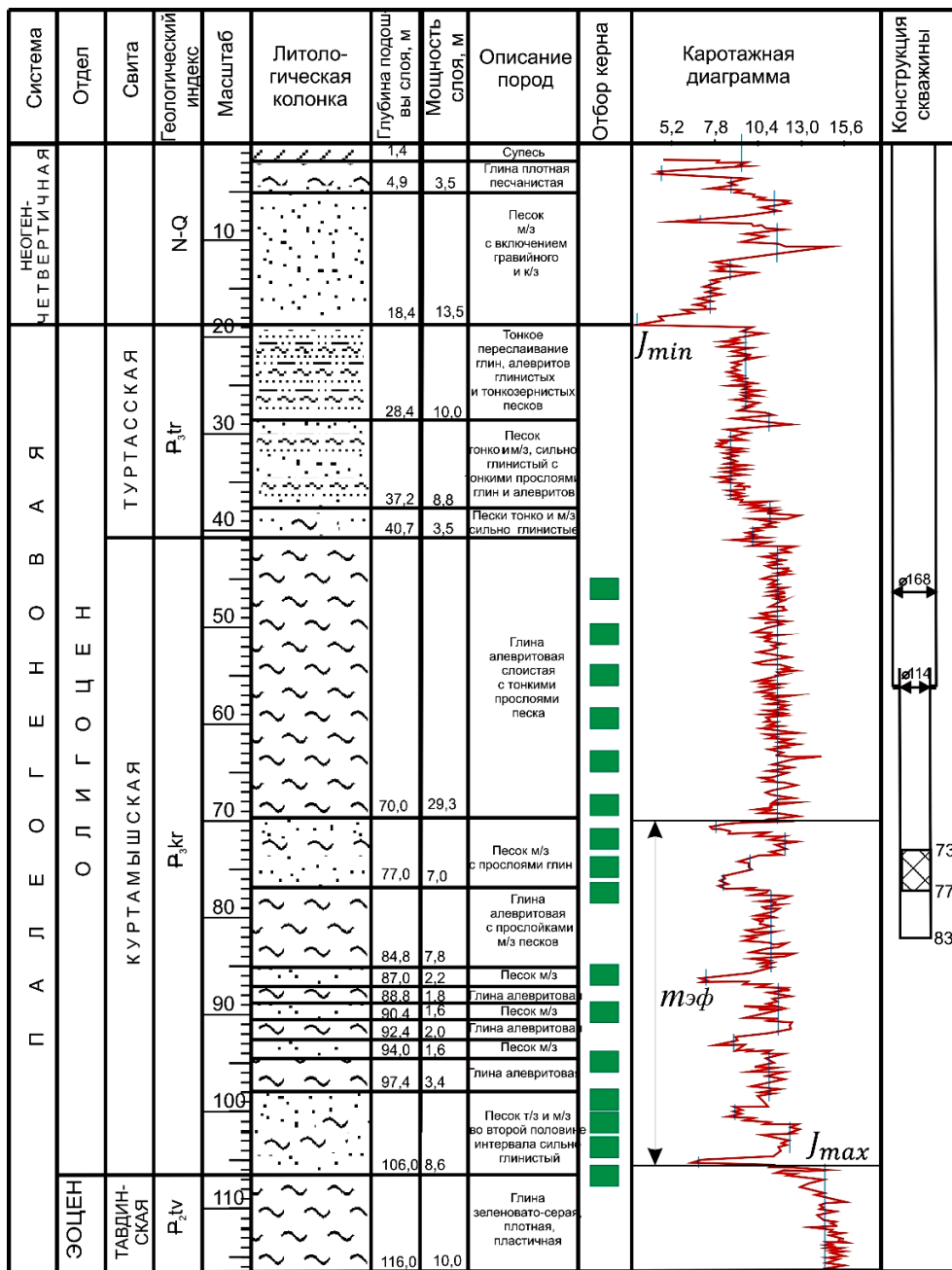


Рисунок 2. Интерпретация каротажной диаграммы водозаборной скважины 53N1
 Figure 2. Interpretation of the well log for water well 53N1

тов с данными геофизических исследований, установление статистических связей между удельным дебитом и параметрами групп А и Б.

Для определения эффективной мощности водоносного горизонта и количественной оценки геофизической характеристики пород применяется метод естественной радиоактивности [2–9]. При интерпретации кривых ГК основным признаком глинистых отложений является положительная аномалия кривых, максимальная амплитуда в районе исследования приурочена к глинам тавдинской свиты. Для песков отмечается обратная зависимость – отрицательная аномалия кривых ГК, приуроченная к наиболее песчаным интервалам изучаемого разреза. Переходные значения на каротажных диаграммах интерпретируются как интервалы пе-

реслаивания песчано-алеврито-глинистых отложений (рис. 2).

Нормирование значений ГК выполняется с использованием безразмерной величины двойного разностного параметра естественной радиоактивности ΔJ , усл. ед., широко используемого в практике геофизических работ:

$$\Delta J = \frac{J_x - J_{\min}}{J_{\max} - J_{\min}},$$

где J_x – показания ГК по кривой в целевом интервале; J_{\min} – минимальные показания ГК; J_{\max} – максимальные показания ГК.

На основе полученной функции изменения двойного разностного параметра по разрезу скважины $\Delta J(h)$ опре-

Таблица 1. Характеристика параметров группы А, величины дебита и удельного дебита водозаборных скважин
Table 1. Characteristics of the parameters of group A, the value of the flow rate and the specific flow rate of water wells

Характеристика	Параметры группы А		Дебит скважин Q, м³/сут	Удельный дебит q, м³/(сут · м)
	Глубина установки филь- тра h_{ϕ} , м	Длина фильтра скважины l_{ϕ} , м		
Минимальное значение	59,00	4,00	225,00	12,17
Максимальное значение	102,00	19,00	864,00	54,98
Среднее значение	79,00	13,00	530,00	29,90
Среднее квадратическое от- клонение	12,00	5,00	186,00	13,17
Коэффициент вариации	0,16	0,37	0,35	0,44

Таблица 2. Характеристика параметров группы Б
Table 2. Characteristics of group B parameters

Характеристика	Эффективная мощность водоносного горизонта m_n , м	Водопророди- мость пород km , м²/сут	Коэффициент фильтрации k_{ϕ} , м/сут	Двойной разностный параметр		Величина несовершен- ства скважи- ны Δh_c , м
				По эффектив- ной мощности ΔJ_n , усл. ед.	По мощности эксплуатируемо- го интервала ΔJ_{ϕ} , усл. ед.	
Минимальное значение	33,00	73,00	1,00	0,39	0,33	3,00
Максимальное значение	50,00	200,00	6,00	0,71	0,69	6,00
Среднее значение	39,00	119,00	3,00	0,57	0,53	5,00
Среднее квадратическое отклонение	6,00	43,00	1,00	0,12	0,11	1,00
Коэффициент вариации	0,16	0,36	0,43	0,20	0,21	0,24

деляются осредненные параметры для интервала эффективной мощности пласта:

$$\Delta J_n = \frac{\int \Delta J(h) dh}{m_{\text{эф}}}$$

и интервала расположения фильтра скважины

$$\Delta J_{\phi} = \frac{\int \Delta J(h) dh}{l_{\phi}},$$

где интегрирование осуществляется в пределах эффективной мощности и интервала установки фильтра соответственно.

Верхняя граница эффективной мощности определяется по кровле наиболее выдержанного по мощности пласта пород с наименьшими значениями ΔJ и характерным отклонением влево кривых ГК, нижняя граница – по резкому отклонению вправо кривых ГК и соответствующему возрастанию значений ΔJ (рис. 2).

Фактически полученные при интерпретации кривых ГК водозаборных скважин значения эффективной мощности водоносного горизонта и ΔJ водовмещающих пород интерполируются на неизученную геофизическим каротажем площадь [10].

Значение водопродности определяется графоаналитическими методами обработки данных гидродинамических испытаний способами временного прослеживания и подбора [11] при помощи программного комплекса Ovod [12].

Величина несовершенства водозаборной скважины по характеру вскрытия пласта Δh_c определяется по зависимости С. К. Абрамова [13]:

$$\Delta h_c = 0,01a \sqrt{\frac{QS}{k_{\phi} F}},$$

где a – коэффициент, учитывающий конструкцию водоприемной части скважины (для скважин, оборудованных гравийными фильтрами, $a \approx 20$); Q – дебит скважины, м³/сут; S – понижение уровня при откачке, м, k_{ϕ} – коэффициент фильтрации пород, м/сут; F – рабочая площадь фильтра, м², вычисляемая по формуле:

$$F = \pi d_{\phi} l_{\phi},$$

где d_{ϕ} – диаметр фильтра, м; l_{ϕ} – длина его рабочей части, м.

Коэффициент фильтрации пород определяется путем деления значений водопродности на величину эффективной мощности.

Статистические связи параметров оцениваются методом парной линейной корреляции. Значимость связи с учетом ее физического смысла контролируется значением коэффициента корреляции [14–16].

Использование метода естественной радиоактивности для характеристики фильтрационных свойств водовмещающих пород, исходя из их глинистости и установления статистической связи значений ΔJ и удельного дебита, успешно апробировано при исследовании куртамышского водоносного горизонта на участке Советского месторождения пресных подземных вод, находящегося в аналогичных геолого-гидрогеологических условиях [17].

Результаты исследования и область их применения

На участке исследования при гидродинамических испытаниях дебит водозаборных скважин изменялся в 3,8 раза (от 225 до 864 м³/сут), удельный дебит скважин

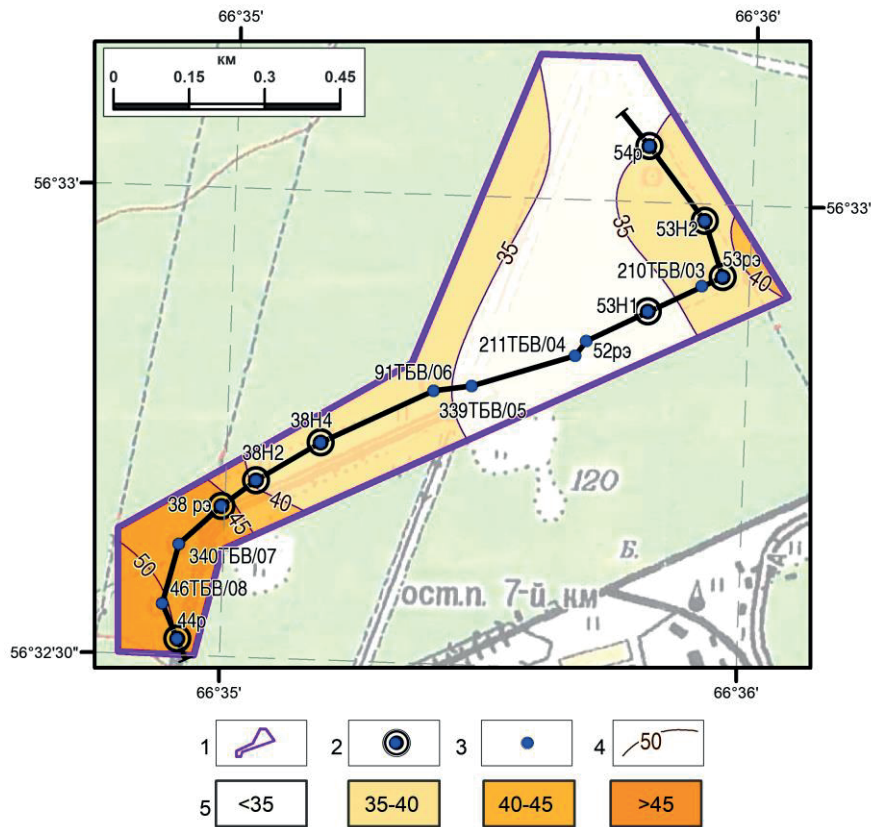


Рисунок 3. Карта эффективной мощности водоносного горизонта: 1 – участок исследования; 2 – скважина, исследованная геофизическим каротажем; 3 – скважина водозаборная; 4 – изолиния значений эффективной мощности, м; 5 – область значений эффективной мощности, м

Figure 3. Map of the effective thickness of the aquifer: 1 – study area; 2 – well investigated by geophysical logging; 3 – water well; 4 – isoline of effective power values, m; 5 – effective power range, m

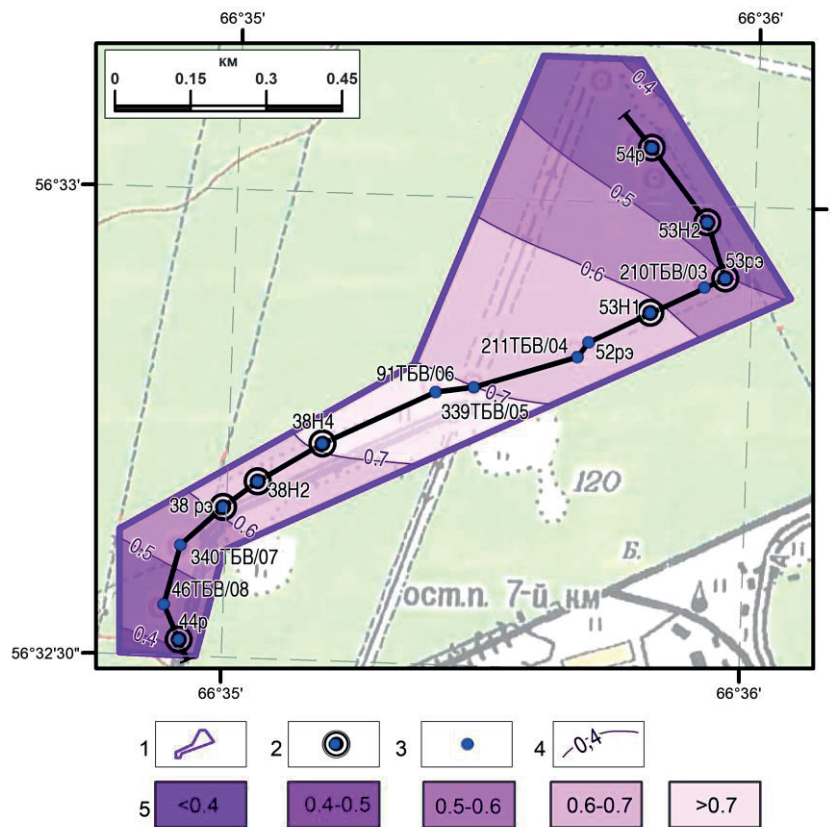


Рисунок 4. Карта значений ΔJ_n по эффективной мощности: 1 – участок исследования; 2 – скважина, исследованная геофизическим каротажем; 3 – скважина водозаборная; 4 – изолиния значения, усл. ед.; 5 – область значения, усл. ед.

Figure 4. Map of ΔJ_n values for effective power: 1 – study area; 2 – well investigated by geophysical logging; 3 – water well; 4 – value isoline, st. units; 5 – area of value, st. units

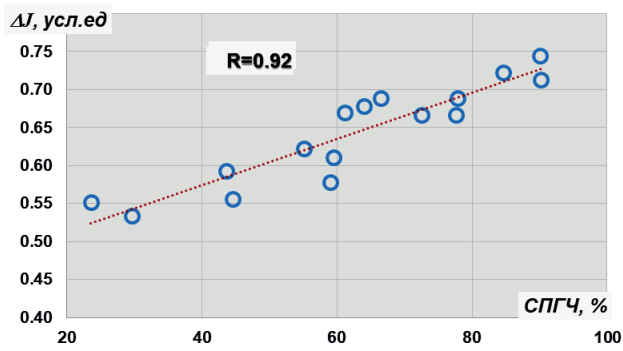


Рисунок 5. Зависимость параметров СПГЧ и ΔJ
Figure 5. Dependence of PLNG parameters and ΔJ

при этом составил 12,17–54,97 м³/(сут × м). Вариативность параметров группы А достаточно высокая: скважины оборудованы фильтрами длиной от 4 до 19 м, глубина установки в пределах водоносного изменяется от 59 до 102 м (табл. 1).

Значения параметров группы Б (табл. 2) также варьируют в широком диапазоне: эффективная мощность водоносного горизонта изменяется по площади от 33 до 50

м при наибольших значениях в юго-западной части (рис. 3); водопроницаемость в зависимости от дебита скважины при испытании составляет от 73 до 200 м²/сут; коэффициент фильтрации – от 1 до 6 м/сут. Среднее значение ΔJ эффективной мощности находится в пределах 0,39–0,71, интервала эксплуатации – в пределах 0,33–0,69. Наименьшие значения ΔJ пород водоносного горизонта приурочены к площади с наибольшей эффективной мощностью – юго-западной части участка (рис. 4). Величина несовершенства скважин по характеру вскрытия пласта оценивается значениями от 3 до 6 м и составляет от 17 до 43 % от общего понижения уровня при откачке.

Возможность применения ΔJ для характеристики глинистости водовмещающих пород подтверждается прямой тесной зависимостью (коэффициент корреляции 0,92) ΔJ пород керна скважины 53Н1 и параметра СПГЧ, определенного лабораторным путем (рис. 5).

Высокими значениями коэффициента корреляции характеризуются статистические связи: величины двойного разностного параметра пород эксплуатируемого интервала ΔJ_{ϕ} и водопроницаемости km (коэффициент корреляции 0,73), рис. 6, а; удельного дебита водозаборных скважин q и km (коэффициент корреляции 0,76),

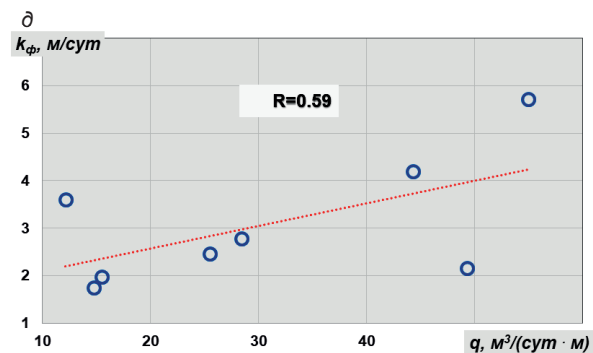
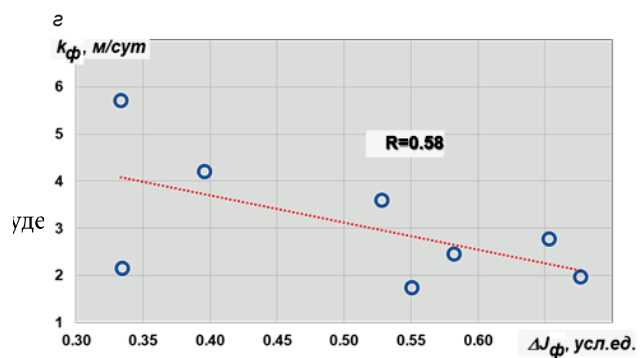
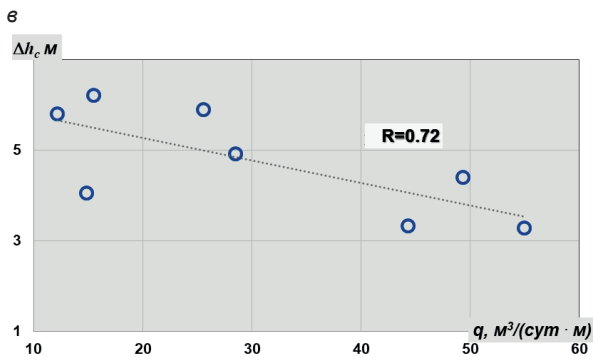
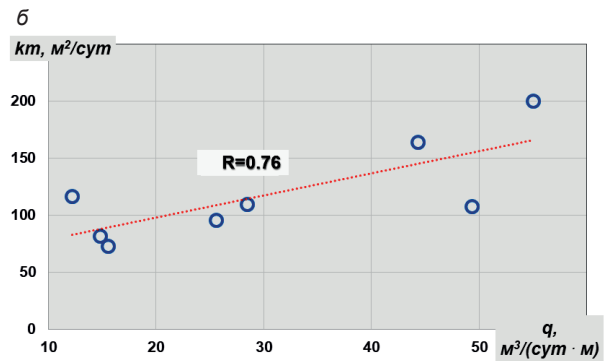
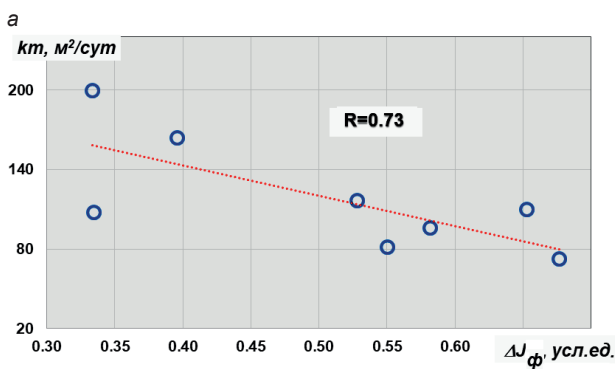


Рисунок 6. Зависимость параметров:
а – ΔJ_{ϕ} и km ; б – q и km ; в – q и Δh_c ; г – ΔJ_{ϕ} и k_{ϕ} ; д – q и k_{ϕ}
Figure 6. Dependence of parameters: а – ΔJ_{ϕ} и km ; б – q и km ; в – q и Δh_c ; г – ΔJ_{ϕ} и k_{ϕ} ; д – q и k_{ϕ}

Таблица 3. Коэффициенты корреляции удельного дебита скважин и рассматриваемых параметров
Table 3. Correlation coefficients of the specific well flow rate and the considered parameters

Параметры	Удельный дебит q , м ³ /(сут · м)
Длина фильтра l_{ϕ} , м	0,64
Глубина фильтра h_{ϕ}	0,20
Эффективная мощность m_n , м	0,16
Коэффициент водопроницаемости km , м ² /сут	0,76
Коэффициент фильтрации k_{ϕ} , м/сут	0,59
Двойной разностный параметр пород эффективной мощности ΔJ_n , усл. ед.	-0,58
Двойной разностный параметр пород интервала эксплуатации ΔJ_{ϕ} , усл. ед.	-0,67
Несовершенство скважины по характеру вскрытия пласта Δh_c , м	-0,72
Комплексный параметр $l_{\phi}/\Delta J_{\phi}$, м/усл. ед.	0,85

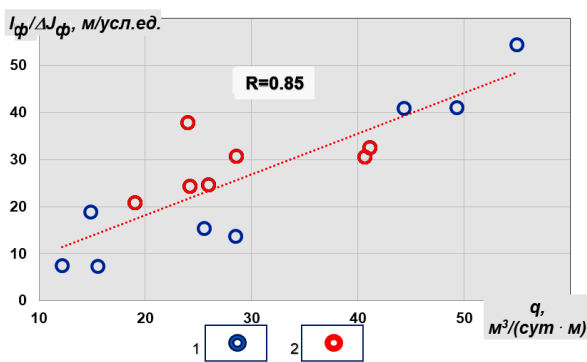


Рисунок 7. Зависимость параметров q и $l_{\phi}/\Delta J_{\phi}$: 1 – фактические значения; 2 – интерполированные значения
Figure 7. Dependence of q and $l_{\phi}/\Delta J_{\phi}$ parameters: 1 – actual values; 2 – interpolated values

исследованного лабораторным путем, с другой – с величиной водопроницаемости пород, определенной по данным гидродинамических испытаний скважин, что позволяет использовать данный параметр для характеристики фильтрационных свойств пород водоносного горизонта по величине их глинистости, что является особенно актуальным для водоносных горизонтов, заключенных в толще песчано-алеврито-глинистых отложений Западно-Сибирского артезианского бассейна. Значимая статистическая связь получена между удельным дебитом и водопроницаемостью водовмещающих пород, удельным дебитом и параметром несовершенства скважины по характеру вскрытия пласта, удельным дебитом и комплексным параметром, численно равным отношению длины фильтра скважины к величине двойного разностного параметра естественной радиоактивности пород интервала его установки.

рис. 6, б; q и параметра несовершенства скважины Δh_c (коэффициент корреляции 0,72), рис. 6, в. Более низкие значения коэффициента корреляции отмечаются для статистических связей: значений ΔJ_{ϕ} и коэффициента фильтрации k_{ϕ} (коэффициент корреляции 0,58), рис. 6, з; q и k_{ϕ} (коэффициент корреляции 0,59), рис. 6, д, что может быть связано с субъективной интерпретацией данных при графоаналитическом методе получения значений водопроницаемости и, соответственно, коэффициента фильтрации.

Результаты исследования могут быть использованы для прогноза величины удельного дебита на перспективных для разведки территориях.

Выводы

В ходе исследования на опытном участке Заводуковского месторождения подземных вод рассмотрен комплекс основных технологических и геологических факторов, определяющих значения удельного дебита водозаборных скважин. Установлены значимые статистические связи между удельным дебитом и показателями данных факторов (длиной фильтра скважины, водопроницаемостью и глинистостью водовмещающих пород, величиной несовершенства скважины по характеру вскрытия пласта). Наличие некоторой статистической неопределенности связей между рассматриваемыми параметрами обусловлено их взаимным влиянием.

Результаты парной линейной корреляции значений удельного дебита и рассматриваемых параметров групп А и Б приведены в табл. 3.

На основании анализа результатов парной линейной корреляции отмечается, что максимальный коэффициент корреляции (0,85) достигается при оценке статистической связи удельного дебита и комплексной величины параметров групп А и Б, численно равной отношению длины фильтра к величине двойного разностного параметра естественной радиоактивности пород интервала эксплуатации $l_{\phi}/\Delta J_{\phi}$ (рис. 7).

В результате исследования подтверждено предположение, что водозаборные скважины с наибольшей длиной водоприемной части, оборудованной в наименее глинистом и, соответственно, более водопроницаемом интервале водоносного горизонта, имеют наименьшую величину несовершенства по характеру вскрытия пласта и способны обеспечить наибольший удельный дебит. Такие скважины являются наиболее эффективными при эксплуатации, что следует учитывать при проектировании водозаборных скважин и на перспективных территориях.

Таким образом, установлено, что величина двойного разностного параметра естественной радиоактивности водовмещающих пород значимо статистически связана, с одной стороны, с величиной глинистости образцов керна,

ЛИТЕРАТУРА

1. Биндеман Н. Н., Язвин Л. С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1970. 216 с.
2. Аулова Д. Ю., Жуков В. С., Моторыгин В. В., Нурматов Ш. Ш., Плешков И. В., Толстиков А. В. Оценка влияния глинистости на фильтрационно-емкостные свойства коллектора // Газовая промышленность. 2015. № 4(721). С. 29–32.
3. Сербаева А. Р., Вахитова Г. Р. Выделение петроклассов по данным ГИС // Булатовские чтения. 2017. Т. 1. С. 150–153.
4. Кокарев П. Н., Диких И. А. Разделение коллекторов парфеновского горизонта Ковыктинского месторождения на литотипы с использованием материалов геофизических исследований скважин // Науки о Земле и недропользование. 2020. Т. 43. № 2(71). С. 220–229. <http://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-220-229>
5. Сеидов В. М., Алибекова Е. Т. Методика оценки некоторых характеристик коллекторов по геофизическим данным в известняково-мергельных толщах // Известия УГГУ. 2017. № 4(48). С. 77–83. <http://doi.org/10.21440/2307-2091-2017-4-77-83>
6. Rider M. The geological interpretation of well logs. 2nd edition. Scotland: Rider-French Consulting Ltd., 2006. 281 p.
7. Гуров П. Н., Гусаров Д. В., Карус Е. В., Пятахин В. И., Довгополюк И. М., Иванов В. М., Нефедова И. И. Оценка глинистости коллекторов методом гамма-спектрометрии естественной радиоактивности // Геология нефти и газа. 1979. № 4. С. 53–59.
8. Роженас С. М., Мамяшев В. Г., Никанорова Т. Ф. Петрофизическое обоснование литологического расчленения отложений тюменской свиты Сургутского свода по данным гамма-метода // Исследование эффективности разработки нефтяных месторождений Западной Сибири: труды СибНИИИП. Тюмень, 1984. С. 34–40.
9. Сребродольский Д. М., Матчинова Г. П. Связь естественной радиоактивности с глинистостью горных пород // Нефтегазовая геология и геофизика. 1977. № 9. С. 32–35.
10. Геокартирование на основе сплайн-аппроксимационного подхода / А. Г. Плавник [и др.]. Тюмень: ТИУ, 2021. 189 с.
11. Боровский Б. В., Самсонов Б. Г., Язвин Л. С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М.: Недра, 1979. 326 с.
12. Шутов М. С. Программа Ovod (Оптимальный водозабор): программа для ЭВМ зарегистрирована в Роспатенте 16.03.16 г. № 2016613075. М.: ФИПС, 2016.
13. Абрамов С. К., Алексеев В. С. Забор воды из подземного источника. М.: Колос, 1980. 239 с.
14. Дойч К. В. Геостатистическое моделирование коллекторов / пер. с англ.; под ред. Е. М. Бирун, Д. Н. Левина. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2011. 400 с.
15. Большакова Л. В., Литвиненко А. Н. Методика применения статистического пакета анализа для проведения корреляционно-регрессионного анализа в ходе экономических исследований // Вестник экономической безопасности. 2021. № 3. С. 259–265. <http://doi.org/10.24412/2414-3995-2021-3-259-265>
16. Баврина А. П., Борисов И. Б. Современные правила применения корреляционного анализа // Медицинский альманах. 2021. № 3(68). С. 70–79.
17. Русакова Ю. О., Плавник А. Г., Ковяткина Л. А. Применение данных геофизических исследований для прогноза производительности водозаборных скважин в северной части Шаимского нефтегазодобывающего района // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2022. № 4. С. 41–56. <http://doi.org/10.31660/0445-0108-2022-4-41-56>

Статья поступила в редакцию 08 ноября 2022 года

Analysis of the main factors determining the value of the specific flow rate of a water well

Yuliya Olegovna RUSAKOVA^{1,2*}

Andrey Garievich PLAVNIK^{1,2**}

Margarita Vladimirovna VASHURINA^{1,2***}

Anna Leonidovna KHRAMTSOVA^{1,2****}

¹West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of RAS, Tyumen, Russia

²Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract

Purpose of research – numerical characterization of the main factors affecting the value of the specific flow rate of a water well.

The relevance of the study is due to the possibility of using the obtained functional relationships to predict the value of the specific flow rate of a water well.

Research methods: interpretation of gamma logging curves of water wells, correlation of its results with the core survey data, interpolation of the obtained values over the section area, processing of hydrodynamic well testing materials, comparison of its results with the data of geophysical research, establishment of statistical relationships between the parameters.

The results of the study and their application. It was found that the value of the double difference parameter of natural radioactivity of water-bearing rocks statistically significantly correlated with the value of the clay content of core samples, studied in the laboratory way, as well as with the value of water permeability of rocks determined by hydrodynamic tests wells, which allows using this parameter to characterize the filtration properties of rocks aquifer by the value of their clay content. Significant statistical relationship was obtained between the specific flow rate of the water intake well and water conductivity of water-bearing rocks, the parameter of imperfection of the well by the nature of the formation opening, as well as the parameter, numerically equal to the ratio of the well filter length to the value of the double difference parameter of natural radioactivity of rocks of its installation interval. The presence of statistical uncertainty in the relationships is due to the mutual influence of the parameters. The obtained functional relations can be used in the design of wells.

Conclusions. During the study the assumption was confirmed that water intake wells with the longest water intake part, equipped in the least clayey and, accordingly, more water-permeable interval of aquifer have the least value of imperfection by nature of formation opening and are able to provide the highest specific flow rate. Such wells are the most effective in operation.

Keywords: aquifer, double difference parameter of natural radioactivity, specific flow rate, well imperfection, statistical relationship, correlation coefficient.

REFERENCES

1. Bindeman N. N., Yazvin L. S. 1970, Ocenka ekspluatatsionnykh zapasov podzemnykh vod. Moscow, 216 p. (*In Russ.*)
2. Aulova D. Yu., Zhukov V. S., Motorygin V. V., Nurmatov Sh. Sh., Pleshkov I. V., Tolstikov A. V. 2015, Ocenka vliyaniya glinistosti na fil'tracionno-emkostnye svoystva kollektora. *Gazovaya promyshlennost'*, no. 4(721), pp. 29–32. (*In Russ.*)
3. Serbaeva A. R., Vahitova G. R. 2017, Vydelenie petroklassov po dannym GIS. *Bulatovskie chteniya*, vol. 1, pp.150–153. (*In Russ.*)
4. Kokarev P. N., Dikhi I. A. 2020, Division of the Parfenovsky horizon reservoirs in the Kovykta field into lithotypes using the well survey data. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie* [Earth sciences and subsol use], vol. 43, no. 2(71), pp. 220–229. (*In Russ.*) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-220-229>
5. Seidov V. M., Alibekova E. T. 2017, Metodika ocenki nekotorykh kharakteristik kollektorov po geofizicheskim dannym v izvestnyakovo-mergelynykh toltsakh. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], no. 4(48), pp. 77–83. (*In Russ.*) <http://doi.org/10.21440/2307-2091-2017-4-77-83>
6. Rider M. 2006, The geological interpretation of well logs. 2nd edition. Scotland, Rider-French Consulting Ltd., 281 p.
7. Gurov P. N., Gusarov D. V., Karus E. V., Pyatakhin V. I., Dovgopolyuk I. M., Ivanov V. M., Nefedova I. I. 1979, Ocenka glinistosti kollektorov metodom gamma-spektrometrii estestvennoj radioaktivnosti. *Geologiya nefi i gaza*, no. 4, pp. 53–59. (*In Russ.*)
8. Rozhenas C. M., Mamyashev V. G., Nikanorova T. F. 1984, Petrofizicheskoe obosnovanie litologicheskogo raschleneniya otlozhenij tyumenskoj svity Surgut'skogo svoda po dannym gamma-metoda. Issledovanie effektivnosti razrabotki neftyanykh mestorozhdenij Zapadnoj Sibiri. TrSibNIINP. Tyumen, pp. 34–40. (*In Russ.*)
9. Srebrodolskij D. M., Matchinova G. P. 1977, Svyaz' estestvennoj radioaktivnosti s glinistost'yu gornyh porod. *Neftegazovaya geologiya i geofizika*, no. 9, pp. 32–35. (*In Russ.*)

✉ julrusakova@rambler.ru

**PlavnikAG@ipgg.sbras.ru

***MVashurina@tmnsc.ru

****khramtsova@tmnsc.ru

10. 2021, Geokartirovanie na osnove splayn-approksimatsionnogo podkhoda. A. G. Plavnik [et al.]. Tyumen, 189 p. (*In Russ.*)
11. Borevskij B. V., Samsonov B. G., Yazvin L. S. 1979, Metodika opredeleniya parametrov vodonosnyh gorizontov po dannym otkachek. Moscow, 326 p. (*In Russ.*)
12. Shutov M. S. Programma Ovod (Optimal'nyj vodozabor). (*In Russ.*)
13. Abramov S. K., Alekseev V. S. 1980, Water Intake from an Underground Source. Moscow, 239 p. (*In Russ.*)
14. Doich K. V. 2011, Geostatistical Reservoir Modeling. Moscow; Izhevsk, 400 p.
15. Bol'shakova L. V., Litvinenko A. N. 2021, Metodika primeneniya statisticheskogo paketa analiza dlya provedeniya korrelyacionno-regressionnogo analiza v hode ekonomicheskikh issledovanij. *Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti*, no. 3, pp. 259–265. (*In Russ.*). <http://doi.org/10.24412/2414-3995-2021-3-259-265>
16. Bavrina A. P., Borisov I. B. 2021, Sovremennye pravila primeneniya korrelyacionnogo analiza. *Medicinskij al'manah*, no. 3(68), pp. 70–79 (*In Russ.*)
17. Rusakova Yu. O., Plavnik A. G., Kovyatkina L. A. 2022, Application of well testing data to forecast the productivity of water intake well in the northern part of the Shaimsky oil and gas producing area. *Neft' i gaz* [Oil and Gas Studies], no. 4, pp. 41–56. (*In Russ.*). <http://doi.org/10.31660/0445-0108-2022-4-41-56>

The article was received on November 08, 2022