

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Оценка фильтрационно-емкостных свойств карбонатных отложений
черемшано-прикамского горизонта для закачки промстоков на
Соколовогорском месторождении»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
геологического факультета
Кучера Алексея Денисовича

Научный руководитель
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2026 год

Введение. Большая часть крупных месторождений УВ Саратовской области к настоящему времени находится на завершающей стадии разработки, перед недропользователями остро стоит задача экологически безопасной утилизации промышленно-сточных вод (ПСВ), которые составляют до 95% от общего объема добываемой продукции. Вследствие сильной обводненности старых месторождений, использование подтоварных вод для целей поддержания пластового давления (ППД) на современном этапе не целесообразно, а так же учитывая тот фактор, что часть сточных вод не поддается биологической очистке из-за высокого содержания, большой загрязненности химреагентами и нефтепродуктами, актуальным, наиболее безопасным и эффективным способом утилизации промышленных стоков является их сброс в глубокие водоносные горизонты. Применение этого эффективного метода защиты окружающей среды от загрязнения обусловлено геологическим строением нефтегазоносных районов и технологическими особенностями предприятий нефтегазовой промышленности.

Нефтегазовые месторождения характеризуются геологической изученностью и наличием многочисленных разведочных скважин. Это позволяет выбрать необходимый горизонт и использовать соответствующие скважины для закачки промстоков на стадии разработки месторождения. При этом важно выделить конкретные пласты-коллекторы с подходящими емкостными и фильтрационными свойствами, особенно в карбонатных отложениях, где пористость и проницаемость могут сильно варьироваться.

В данной работе для закачки промышленных стоков рассматривается черемшано-прикамский горизонт на Соколовогорском нефтегазовом месторождении, в котором выделяют карбонатные отложения. Исследуемый горизонт характеризуется значительным площадным распространением, обладает выдержанным водоупором, который исключает гидравлическую связь пластов-коллекторов с другими водоносными горизонтами. Не менее важными являются емкостные и фильтрационные характеристики

выделенных коллекторов карбонатных отложений, которые будут определены по данным геофизических исследований скважин.

Исходя из вышеперечисленного, целью данной бакалаврской работы является «Оценка фильтрационно-емкостных свойств карбонатных отложений черемшано-прикамского горизонта для закачки промстоков на Соколовогорском месторождении».

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- собрать необходимый для работы геолого-геофизический материал по Соколовогорскому месторождению;
- изучить комплекс методов ГИС, выполненных в скважинах Соколовогорского месторождения;
- изучить методику интерпретации данных ГИС для выделения пластов-коллекторов карбонатных отложений и определения значений фильтрационно-емкостных параметров;
- следуя выбранной методике вычислить фильтрационно-емкостные параметры в выделенных коллекторах карбонатных отложений;
- по полученным данным определить возможность закачки промышленных стоков в выделенные пласты-коллекторы черемшано-прикамского горизонта.

Выпускная работа написана по материалам, собранным в ОАО «Саратовнефтегаз».

Выпускная бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов: геолого-геофизическая характеристика района, методика работ, результаты работ, заключения, списка используемых источников, включающего 15 источников.

Работа изложена на 43 стр., содержит 4 таблицы, 9 формул, 6 рисунков и 2 приложения.

Основное содержание работы. Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика района». В административном отношении Соколовогорское месторождение расположено на территории Волжского

района г.Саратова, Зеленого острова и находится в пределах одноименного участка недр.

В геологическом строении Соколовогорского месторождения принимает участие мощный осадочный чехол, представленный палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими отложениями.

В результате размыва в разрезе полностью отсутствуют отложения кембрия, ордовика, силура, а также пермской, триасовой, палеогеновой и неогеновой систем. Наиболее древние отложения - это породы эмского яруса нижнего девона.

В тектоническом отношении территория Саратовского Правобережья приурочена к юго-восточной части Русской платформы.

Среди структур первого порядка здесь преимущественно развиты Ульяновско-Саратовская и Рязано-Саратовская впадины, чьи южные части занимают большую центральную область территории. Помимо указанных отрицательных структур, в состав территории входят Токмовский свод, своим юго-восточным окончанием в северо-западной части и Жигулевско-Пугачевский свод. Последний на Правобережье представлен своим западным склоном.

Соколовогорское газонефтяное месторождение, открытое в 1948 г., является многопластовым. Всего выявлено 12 промышленных залежей. В качестве целевого объекта для утилизации промышленных стоков рассматривается пласт C_2 ст-рк черемшано-прикамского горизонта

Раздел 2 «Методика работ». По состоянию на 01.01.2026 г. общее количество пробуренных на месторождении скважин различного назначения составляет 154 единицы.

Бурение поисково-разведочных и эксплуатационных скважин № 191, 179, 176, 127, 150 и 156 на Соколовогорском месторождении осуществлялось в период с 1954 по 1989 год. Комплекс ГИС выполнен в соответствии с действующими на период исследований нормативными документами.

В скважинах №№ 176, 179, 191 был реализован полный детальный комплекс, включающий в обязательном порядке:

- радиоактивный каротаж (НГК, ГК);
- электрокаротаж (ИК, БК, МБК, ПС, ПЗ, МГЗ, МПЗ);
- кавернометрия (ДС);
- акустический каротаж (ДТ).

В скважине №127 проводились следующие методы:

- радиоактивный каротаж (НГК, ГК);
- кавернометрия (ДС);
- электрокаротаж (ПС, ПЗ).

В скважинах №№ 150,156, из методов ГИС присутствуют только:

- электрокаротаж (ПС, ПЗ);
- кавернометрия (ДС).

Выделение коллекторов в разрезах скважин осуществлялось на основании анализа прямых и косвенных качественных признаков.

Прямые качественные признаки порового коллектора обусловлены гидродинамическим проникновением фильтрата промывочной жидкости в поровое пространство пласта с последующим формированием зоны проникновения.

К качественным признакам относятся:

- отрицательная аномалия кривой ПС (малоинформативный фактор для карбонатных коллекторов);
- сужение ствола скважины против коллекторов, благодаря образованию глинистой корки на границе скважина-порода, уменьшению диаметра скважины по отношению к номинальному, фиксируемое на кавернограмме;
- наличие положительного приращения значений кажущего сопротивления на диаграммах микропотенциал зонда по сравнению с микроградиент зондом ($\rho_{К.МПЗ} > \rho_{К.МГЗ}$);
- наличие радиального градиента электросопротивлений на зондах с

различной глубиной исследования.

Косвенные качественные признаки сопутствуют прямым и указывают на породы, которые по ёмкостным характеристикам и степени чистоты минерального скелета могут быть отнесены к коллекторам. К этим признакам относятся:

- низкие показания НГК относительно вмещающих пород;
- низкие и пониженные показания на кривой гамма-каротажа (ГК).

Гамма-каротаж (ГК) имеет для выделения коллекторов вспомогательное значение. Пласты-коллекторы черемшано-прикамского горизонта характеризуются низкими показаниями кривой ГК, что указывает на невысокий коэффициент глинистости.

В качестве количественного критерия использовались граничные значения коэффициентов пористости ($K_{пГР}$), равное 3 %.

Литологическое расчленение разреза базируется на результатах исследования кернового материала, согласно которым продуктивная толща преимущественно представлена известняками в разной степени заглинизированными. Доля доломитизации в общем объеме пород незначительна и им можно пренебречь при дальнейшей обработке.

Оценка коэффициента пористости продуктивных отложений пластов С2см-рк черемшано-прикамского горизонта Соколовогорского месторождения проводилась по данным количественной интерпретации ГИС. Радиоактивный каротаж является одним из основных методов определения пористости. Определение пористости по РК производится по общепринятой формуле 1:

$$K_{п} = W_{\Sigma} - K_{гг} * \omega_{гг} + K_{плит} \quad (1)$$

Определение коэффициента пористости коллекторов по акустическому каротажу. Для оценки коэффициента пористости в продуктивных пластах использовалось уравнение среднего времени, представленное в формуле 2:

$$K_{п} = \frac{(\Delta T - \Delta T_{ск})}{(\Delta T_{ж} - \Delta T_{ск})} - K_{гл} * \frac{(\Delta T_{гл} - \Delta T_{ск})}{(\Delta T_{ж} - \Delta T_{ск})} \quad (2)$$

Для подсчета коэффициента общей пористости принимается среднеквадратическая пористость, рассчитанная по формуле 3:

$$K_{пприн} = \sqrt{(K_{пНГК}^2 + K_{пАК}^2)/2} \quad (3)$$

Характер насыщения коллекторов устанавливался на основании анализа данных ГИС, результатов испытаний и опробований.

Коэффициенты газонасыщенности рассчитывались по стандартной методике, основанной на петрофизических зависимостях относительного сопротивления ($R_{п}$) от пористости ($K_{п}$), а также коэффициента увеличения сопротивления ($R_{н}$) от водонасыщенности ($K_{в}$).

Основное уравнение, представляющее уравнение баланса флюидов, представлено в формуле 4:

$$K_{нг} = 1 - K_{в} \quad (4)$$

Раздел 3 «Результаты работ».

Возможность организации подземного захоронения вод определяется строгим геоэкологическим, литолого-стратиграфическим и гидрогеологическим условиям. Они предопределены чередованием в геологическом разрезе пластов-коллекторов (водоносных) и практически непроницаемых пластов – флюидоупоров. Необходим рабочий поглощающий горизонт-приемник и резервный горизонт. Поглощающий рабочий горизонт должен быть надежно изолирован и выдержан по мощности регионально-вытянутым водоупором от вышележащих водоносных горизонтов. По международным стандартам захоронение должно проводиться на глубину от 600 – 700 до 2900 – 3000 м.

С учетом указанных условий на площади Соколовогорского месторождения в качестве целевого поглощающего горизонта выбран черемшано-прикамский комплекс (С2см-рк). Роль верхнего регионального флюидоупора выполняют верейско-мелекесские отложения (С2вр – С2мк),

литологически представленные глинами и песчаниками. Как резервный объект принят протвинский водоносный горизонт (C1pr), который ранее успешно использовался для закачки стоков. Нижним ограничивающим водоупором служит глинистая толща тульского горизонта (C1tl). Сами отложения целевого черемшано-прикамского горизонта сложены карбонатными разностями известняков, общая мощность которых варьируется от 30 до 46 м.

На основе анализа всей имеющейся в наличии геолого-геофизической информации выполнено выделение интервалов коллекторов по разрезам скважин. Выделение коллекторов проводилось по стандартной методике с привлечением комплекса методов ГИС, основанного на совместном использовании прямых качественных и косвенных количественных признаках.

В первую очередь коллекторы были выделены в скважинах № 176, 179 и 191. Последующее выделение коллекторов было проведено по скважине № 127, где имеются замеры: ГК, НГК, ПС, кавернометрии.

Обобщение полученных результатов позволило окончательно утвердить интервалы коллекторов в перечисленных скважинах. Затем, путем корреляции, были выделены возможные коллекторы в скважинах № 150 и 156. В приложении Б представлена схема корреляции по всем имеющимся скважинам.

Для корреляции коллекторов использовались кривые ПС и ПЗ, замеры которых имелись по всем скважинам.

Литологическое расчленение разреза выполнено на основе детального изучения кернового материала. В литологическом отношении продуктивная толща преимущественно представлена известняками в разной степени заглинизированными.

Комплексирование данных керна и ГИС позволило однозначно идентифицировать литологический состав пласта C2cm–pk как известняковый, что критически важно для выбора методики расчета

пористости и оценки приемистости при закачке промышленных стоков.

Коэффициент пористости рассчитывали по данным НГК методом двойного разностного параметра в скважинах № 176, 179, 191, 127, а также по результатам АК в скважинах № 176, 179, 191. Комплексование этих двух методов позволило определить среднеквадратичное значение пористости. Средневзвешенная по площади величина коэффициента пористости составила 8,5%, и это же значение было принято для коллекторов в скважинах № 150 и 156.

Для оценки глинистости (Кгл) использовались данные гамма-каротажа (ГК), при этом расчет проводился с учетом содержания пелитовой фракции в глинах Саратовской области, принятого равным 0,7.

Коэффициенты нефтегазонасыщенности рассчитывались по стандартной методике, основанной на петрофизических зависимостях относительного сопротивления (R_p) от пористости (K_p) и коэффициента увеличения сопротивления (R_n) от водонасыщенности (K_v). Средневзвешенный по площади параметр ($K_{нг}$) составил 82,4.

Заключение. Разработка и последующая эксплуатация нефтяных и газовых месторождений сопровождается образованием сточных вод промышленного происхождения. Под промстоками понимается смесь пластовых вод, извлекаемых вместе с углеводородами, и техногенных вод, возникающих в ходе различных технологических операций.

В настоящее время большая часть крупных залежей УВ Саратовской области находится на завершающем этапе разработки. Для недропользователей приоритетной становится задача экологически безопасной утилизации промыслово-сточных вод (ПСВ), доля которых достигает 95 % от общего объема добываемой продукции. Промстоки невозможно очистить до состояния, позволяющего их сброс в природные водоёмы. Даже при применении самых совершенных технологий очистки в стоках сохраняются токсичные компоненты, поэтому их обезвреживают либо

сжиганием на газофекальных установках, либо путём закачки в глубокозалегающие горизонты. Сжигание промышленных стоков наносит экологический ущерб. Более предпочтительным и безопасным способом утилизации ПСВ считается их закачка в глубокие водоносные пласты.

С учётом обозначенной проблемы была определена цель выпускной работы: «Выделение коллекторов и оценка фильтрационно-емкостных свойств карбонатных отложений черемшано-прикамского горизонта на примере Соколовогорского месторождения».

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- собран необходимый для работы геолого-геофизический материал по Соколовогорскому месторождению;
- изучен комплекс методов ГИС, проведенный в скважинах Соколовогорского месторождения
- изучена методика интерпретации данных ГИС для выделения коллекторов и определения значений фильтрационно-емкостных параметров;
- следуя выбранной методике, вычислены фильтрационно-емкостные параметры в выделенных коллекторах;
- была построена схема корреляции по исследуемым скважинам.

На основе комплекса методов ГИС в качестве надежного поглощающего горизонта обоснован черемшано-прикамский горизонт. Его фильтрационно-емкостные свойства обеспечивают безопасное захоронение промышленных стоков. Пласт залегает на глубинах порядка 700 м и надежно изолирован: сверху - глинистым верейско-мелекесским флюидоупором, снизу — плотной пачкой тульского горизонта.

Таблица 4 – Сведения о пластах-коллекторах, эффективных толщинах, результаты интерпретации материалов ГИС

Пласт	№ скв.	Интервал залегания коллектора, м		Толщина эфф., м	Литология	Тип коллектора	УЭС пласта, Ом м	НГК, усл.ед.	ГК, мкР/ч	КглГК, %	КпНГК, %	КпАК, %	Кпобщ	Кг, %	Кпр, мД
		кровля	подошва												
С ₂ см-рк	191	742.8	744.3	1.5	известняк	смешанный	113.7	3.4	4.4	0.3	4.5	5.3	4.5	59.0	0.33
		745.0	746.3	1.3	известняк	смешанный	87.9	3.22	4.3	0.4	6.2	6.6	5.6	69.2	2.80
		748.8	750.0	1.2	известняк	смешанный	73.6	3.1	4.25	4	6.7	9	7.4	68.5	4.90
		751.5	754.0	2.5	известняк	смешанный	86.1	2.83	5	1.9	8.8	15.9	12.2	81.0	103.31
		755.0	758.5	3.5	известняк	смешанный	67.4	2.8	4.3	0.9	9.3	9.3	8.3	79.5	3.24
	179	811.2	815.4	4.2	известняк	смешанный	39.0	2.2	3.5	0.5	12.0	16	13	79.1	38.07
		820.0	821.3	1.3	известняк	смешанный	67.0	2.7	3.6	0.4	5.2	8.8	6.9	51.1	1.06
		822.1	825.2	3.1	известняк	смешанный	50.1	2.4	3.9	1.7	8.2	9.5	8.1	69.7	6.64
		826.9	827.9	1.0	известняк	смешанный	170.0	2.8	3.9	1.5	4.1	8.7	6.6	64.4	0.39
		828.5	830.2	1.6	известняк	смешанный	73.4	2.73	4.3	2.2	4.3	8.9	6.8	39.9	0.72
	176	776.4	778.3	1.9	известняк	смешанный	135.7	2.65	3.4	0.4	10.7	21.3	16.1	89.7	255.02
		781.2	783.2	2.0	известняк	смешанный	90.4	3.21	3.8	1.3	4.2	19.9	14.3	46.7	6.07
		783.9	785.9	2.0	известняк	смешанный	94.3	2.6	4.55	4.5	10.5	15.7	12.2	86.4	334.05
		785.9	789.9	4.0	известняк	смешанный	112.3	3.25	3.6	0.4	4.0	9.3	7	50.6	3.28
		789.9	792.4	2.5	известняк	смешанный	44.8	2.65	3.65	0.9	10.3	14.6	11.6	76.4	54.69
		792.4	793.7	1.3	известняк	смешанный	76.4	3.2	3.7	0.9	4.1	14.6	10.6	37.3	1.38
	127	793.7	796.9	3.2	известняк	смешанный	110.0	3.1	3.6	0.5	4.6	16	11.6	59.2	6.70
		758.5	762.0	3.5	известняк	смешанный	186.7	1.95	3.4	1.2	4.0		4.0	64.8	0.55
		764.5	767.4	2.9	известняк	смешанный	134.7	1.85	3.7	2.7	5.0		5.0	68.5	0.55
	150	774.0	777.4	3.4	известняк	смешанный	130.0	1.73	3.7	2.9	8.0		8.0	83.9	0.93
		797.0	800.0	3.0	известняк	смешанный	50.0						8.5	72.7	8.58
	156	806.0	817.0	11.0	известняк	смешанный	39.0						8.5	72.7	8.58
		805.5	808.0	2.5	известняк	смешанный	58.5						8.5	72.7	8.58
		812.0	813.8	1.8	известняк	смешанный	77.9						8.5	72.7	8.58
		815.0	823.0	8.0	известняк	смешанный	65.1						8.5	72.7	8.58