

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Определение коллекторских свойств бобриковского горизонта
методами ГИС на примере Елшано-Курдюмского ПХГ»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Солонина Руслана Владимировича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

М.В. Калининкова

Зав. Кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2022

Введение. Актуальность данной темы заключается в том, что ГИС являются основным геофизическим методом для определения коллекторских свойств и текущего газонасыщения разрабатываемого пласта. Данный вид исследований актуален как на этапе разработки газовых месторождений, так и их возможной последующей эксплуатации в качестве подземного хранилища газа. Основной целью ВКР является определение коллекторских свойств, а так же мониторинг текущей газонасыщенности бобриковского горизонта.

Для этого были поставлены следующие задачи:

- изучить геолого-геофизическую характеристику Ешлано-Курдюмского ПХГ;
- изучить актуальные методы ГИС и методику их проведения на Ешлано-Курдюмском ПХГ для определения коллекторских свойств пласта и мониторинга за его текущим газонасыщением.
- проследить зависимости данных ГИС в скважинах ПХГ от антропогенного фактора, в частности от сезонной эксплуатации ПХГ.

Количество разделов 3:

1. Основное содержание работы.
2. Методика исследования.
3. Результаты работ.

Основное содержание работы. В краткой геологической характеристике района работ даётся историческая, топографическая, структурная и тектоническая характеристики района

Ешлано-Курдюмское ПХГ находится на территории Саратовской области в 15 км от г. Саратова и относится к Волго-Уральской нефтегазовой провинции (Рисунок 1). Месторождение на данной территории было открыто в 30-е годы 20 века. В 1940 году в поселке Тепловка Новобурасского района Саратовской области ударил первый газовый фонтан. В 1941 году была заложена первая эксплуатационная скважина в районе поселок Елшанка с суточной продуктивностью 700 тысяч кубометров газа. В 1942 году забили мощные газовые фонтаны с дебитом 2 миллиона кубометров газа в сутки. В

В этой дислокационной линии с востока на юго-запад последовательно расположены следующие локальные поднятия: Елшано-Курдюмское, Грузиновское, Песчано-Уметское, Вязовское, Суровское, Таино-Вершинское, Липовское и Сергиевское.

Рассматриваемый продуктивный горизонт – бобриковский.

Методика исследований. Комплекс метода ГИС для определения коллекторских свойств изучаемого пласта.

Источником информации для проведения расчетов коллекторских свойств пород бобриковского горизонта служат результаты геолого-геофизических исследований, проводимых в процессе поисковых, разведочных работ и последующей эксплуатации оцениваемых объектов.

Используемая при этом информация подразделяется на три группы:

1. Прямая – характеризующая непосредственно геологический объект (образцы породы, пробы флюидов и др.);

2. Косвенная – характеризующая свойства геологического объекта, полученные в результате геофизических измерений в открытом стволе, которые с помощью установленных статистических зависимостей позволяют определить необходимые геологические параметры объекта;

3. Априорная – характеризующая общие закономерности геологического строения, полученные на основе обобщения материалов геологоразведочных работ.

Материалы ГИС являются основным видом геологической документации разрезов скважин, вместе с результатами лабораторных исследований керна и пластовых флюидов, испытания пластов, данными опытно-промышленной эксплуатации, служат главным источником информации, позволяющим оценить коллекторские свойства пород продуктивного пласта.

Эффективность методов ГИС зависит как от применяемого комплекса ГИС, так и от петрофизического обеспечения, информативности испытаний, типов изучаемых разрезов, характера строения резервуара, технологии бурения, горно-геологических условий газовых залежей ПХГ.

Комплексы ГИС определяются решаемыми задачами для различных геолого-технологических условий и содержат набор методов, обеспечивающих их успешное решение. Комплексы ГИС для решения геологических задач включают обязательные и дополнительные исследования.

Основу геологической интерпретации данных ГИС составляют петрофизические зависимости типа «керна-керна», «керна-ГИС», «ГИС-ГИС».

Объектами хранения газа на Елшано-Курдюмском ПХГ являются бобриковский и тульский пласты-коллекторы, входящие в состав терригенных отложений яснополянского надгоризонта нижнего карбона.

В скважинах Елшано-Курдюмской площадей на стадии разработки месторождений в поисково-разведочных и эксплуатационных скважин проводился обязательный комплекс промыслово-геофизических исследований, включающий:

- стандартный каротаж;
- метод самопроизвольной поляризации (ПС);
- кавернометрия (ДС);
- БКЗ комплексом подошвенных градиент-зондов;
- радиоактивный каротаж (ГК, НГК).

При переходе к бурению скважин в режиме ПХГ комплекс дополнился следующими методами:

- микрозондирование (МГЗ – МПЗ);
- боковой каротаж (БК);

- микробоковой каротаж (БМК) и микрокавернометрия (МДС);
- индукционный каротаж (ИК);
- акустический каротаж (АКдт).

Для оценки коллекторских свойств продуктивных пластов по данным материалов ГИС-бурение используется методика, обоснованная при подсчете запасов в 1970 году.

Выделение коллекторов. В объектах эксплуатации коллектора выделяются по качественным и количественным критериям. Была отмечена хорошая сходимость в определении эффективных толщин по МКЗ и ПС. Поэтому в скважинах, где микрозонды не были выполнены, эффективные толщины коллекторов определялись по ПС.

Для выделения бобриковского горизонта в качестве коллектора используются прямые качественные признаки коллектора, граничные значения пористости ($K_{пгр}=8.1\%$), определенной по относительному параметру ПС. (рисунок 2)

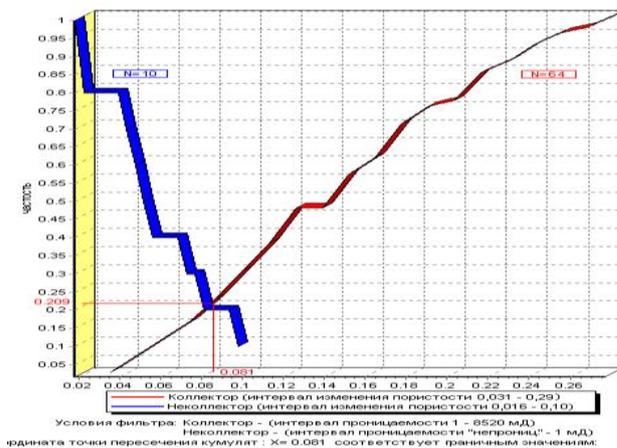


Рисунок 2 - Бобриковский горизонт. Интегральное распределение величин пористости для коллекторов и неколлекторов

Определение пористости в коллекторах. Для бобриковского горизонта при оценке пористости на этапе разведки месторождения, использовалась методика, аналогичная методике малого зонда ($AO=0.55$). По данным БКЗ по палеткам оцениваются параметры промытой зоны: $r_{пп}$, D/d . Параметр пористости определяется по зависимости (1):

$$P_{\Pi} = \frac{\rho_{\Pi\Pi}}{(\rho_{\Phi} * Q)} \quad (1)$$

где: ρ_{Φ} – сопротивление фильтрата бурового раствора, определяемое через УЭС бурового раствора по зависимости (2), полученной на основании экспериментальных данных при подсчете начальных запасов углеводородов месторождения (рисунок 3):

$$\rho_{\Phi} = 0,1638 * \rho_c^2 + 0,3907 * \rho_c + 0,1402 \quad (2)$$

Q - поправочный коэффициент за остаточную нефтегазонасыщенность, который принимался равным 1.4 – для нефтенасыщенных и 1.2 – для газонасыщенных коллекторов (по аналогии с подсчетом запасов).

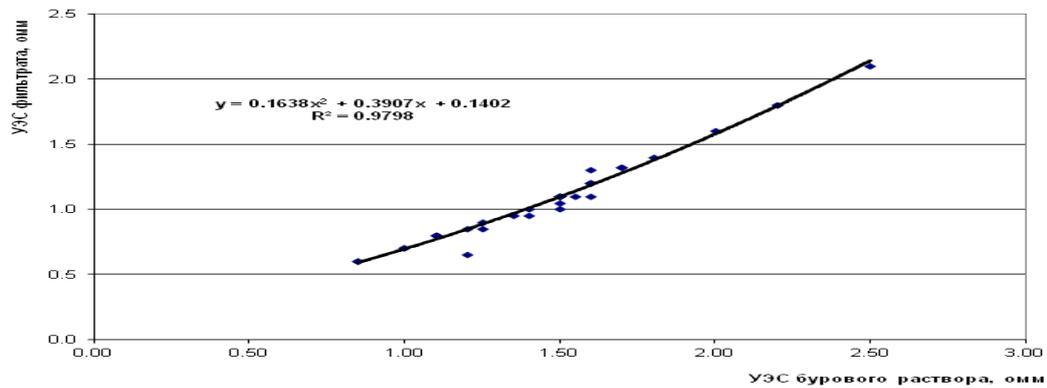


Рисунок 3 - Песчано-Уметское и Елшано-Курдюмское ПХГ. Бобриковский пласт-коллектор. Зависимость УЭС фильтрата от УЭС бурового раствора по данным Подсчета запасов (1970)

Пористость определяется по зависимости $P_{\Pi}=f(K_{\Pi})$ обобщенной для терригенных пород коллекторов Саратовского Поволжья (3):

$$P_{\Pi}=0,9836 * K_{\Pi}^{-1,8475}. \quad (3)$$

Определение глинистости. Основным интерпретационным параметром, связанным с глинистостью пород, является естественная гамма-активность пород. Для определения глинистости песчано-глинистых отложений бобриковского горизонта используется зависимость (4):

$$C_{\text{Гл}} = -0,4 + 71,56 * (\Delta J\gamma)^2 + 98.85 * (\Delta J\gamma)^3 \quad (4)$$

Расчет объемной глинистости (Кгл) проводится по формуле (5):

$$K_{гг} = (1 - K_{по}) * C_{гг} \quad (5)$$

Определение насыщенности. Нефтегазонасыщенность объектов эксплуатации при подсчете запасов в 1970 году определялась по соотношению $R_{п}/R_{вп}$, где $R_{п}$ – сопротивление пласта, $R_{вп}$ – сопротивление водоносного пласта, по зависимости $R_{п} = f(K_{нг})$.

Сопротивление водоносного пласта определялось по формуле (6):

$$R_{вп} = R_{п} * R_{в}, \text{ где } R_{в} = 0.036 \text{ Омм.} \quad (6)$$

Нефтегазонасыщенность определялась по зависимости параметра насыщения от коэффициента водонасыщенности по графику (рисунок 4) для терригенных и карбонатных пород нижнего карбона и девона.

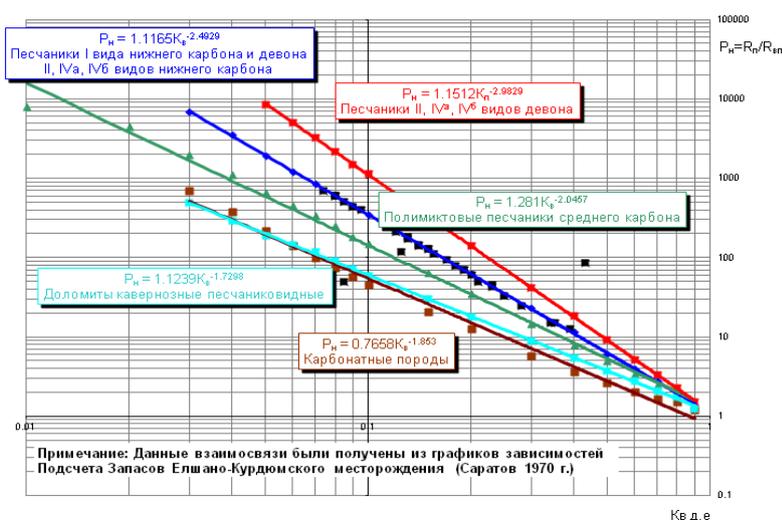


Рисунок 4 - Взаимосвязь между параметром насыщения ($P_{н}$) и водонасыщенности ($K_{в}$) пород Нижнего Поволжья.

Методика оценки текущей газонасыщенности. Расчет коэффициента текущей газонасыщенности коллекторов ($K_{г}$) для объектов хранения газа, находящихся в различных горно-геологических условиях основан на общих физических принципах определяющих показания стационарных нейтронных методов исследования скважин. Способ расчета $K_{г}$ базируется на определении текущего водородосодержания $W_{ТЕК}$ и сравнении его с предельным (модельным) значением $W_{МОД}$.

Для глинистого пласта, поровое пространство которого заполнено водой и газом при текущем пластовом давлении текущее водородосодержание, $W_{ТЕК}$, определяемое по нейтронному методу, будет равно по формуле (7):

$$W_{ТЕК} = W_{\Phi} \cdot K_{П} + W_{ГЛ} \cdot K_{ГЛ}, \quad (7)$$

где W_{Φ} - водородный индекс флюида равный по формуле (8):

$$W_{\Phi}^{тек} = W_{Г} \cdot K_{Г}^{тек} + W_{В} \cdot (1 - K_{Г}^{тек}). \quad (8)$$

В приведенных выражениях $K_{П}$ – коэффициент пористости породы, $K_{ГЛ}$ – коэффициент объемной глинистости, $W_{Г}$ – водородный индекс газа при текущем пластовом давлении, $W_{В}$ – водородный индекс воды, $W_{ГЛ}$ – водородный индекс химически связанной воды глин, $K_{Г}^{тек}$ - коэффициент текущей газонасыщенности.

Для этого же пласта в состоянии предельного газонасыщения (поровое пространство заполнено остаточной водой и газом при давлении, равном текущему пластовому при таком же водородном индексе газа), его водородосодержание $W_{МОД}$ равно по формуле (9):

$$W_{МОД} = W_{\Phi}^{mod} \cdot K_{П} + W_{ГЛ} \cdot K_{ГЛ} \quad (9)$$

где W_{Φ}^{mod} - водородный индекс флюида, заполняющего поровое пространство пласта с предельной газонасыщенностью, $K_{Г}^{пред}$, равен по формуле (10):

$$W_{\Phi}^{mod} = W_{Г} \cdot K_{Г}^{пред} + W_{В} \cdot (1 - K_{Г}^{пред}). \quad (10)$$

Значения предельной газонасыщенности $K_{Г}^{пред}$ пород коллектора оценивают по результатам исследования остаточной водонасыщенности $K_{во}$ ядра или рассчитывают по данным ГИС по формуле 11:

$$K_{г.пред} = 1 - K_{во}. \quad (11)$$

Вычтем из выражения 9 выражение 7 и получим выражение (12):

$$W_{\text{МОД}} - W_{\text{ТЕК}} = (W_{\Phi}^{\text{МОД}} - W_{\Phi}^{\text{МЕК}}) \cdot K_{\text{П}}. \quad (12)$$

Подставим в 12 выражения 8 и 11 и преобразуем относительно коэффициентов газонасыщенности и получим выражение (13):

$$K_{\Gamma}^{\text{нред}} - K_{\Gamma}^{\text{мек}} = \frac{W_{\Phi}^{\text{МОД}} - W_{\Phi}^{\text{МЕК}}}{W_{\Gamma} - W_{\text{В}}} \quad (13)$$

Подставим в уравнение 13 выражение 12 и преобразуем относительно коэффициента текущей газонасыщенности пласта и получим формулу (14):

$$K_{\Gamma}^{\text{мек}} = K_{\Gamma}^{\text{нред}} + \frac{(W_{\text{МОД}} - W_{\text{ТЕК}})}{(W_{\Gamma} - W_{\text{В}}) \cdot K_{\text{П}}} \quad (14)$$

Т.о. для расчета текущей газонасыщенности, $K_{\Gamma}^{\text{мек}}$, необходимо определить текущее водородосодержание пласта, $W_{\text{ТЕК}}$, и сопоставить его со значением $W_{\text{МОД}}$ - водородосодержанием при предельном газонасыщении пласта, а также задать значения пористости, $K_{\text{П}}$, предельной газонасыщенности данного пласта, $K_{\Gamma}^{\text{нред}}$, и водородные индексы газа, W_{Γ} , и воды, $W_{\text{В}}$.

Результаты работ. В ходе проведения ГИС на Елшано-Курдюмскому ПХГ по бобриковскому горизонту мы выделили данные по пористости данного пласта, представленные на рисунке 5. Метод определения пористости описан в пункте 2.3 «Определение пористости коллекторов»

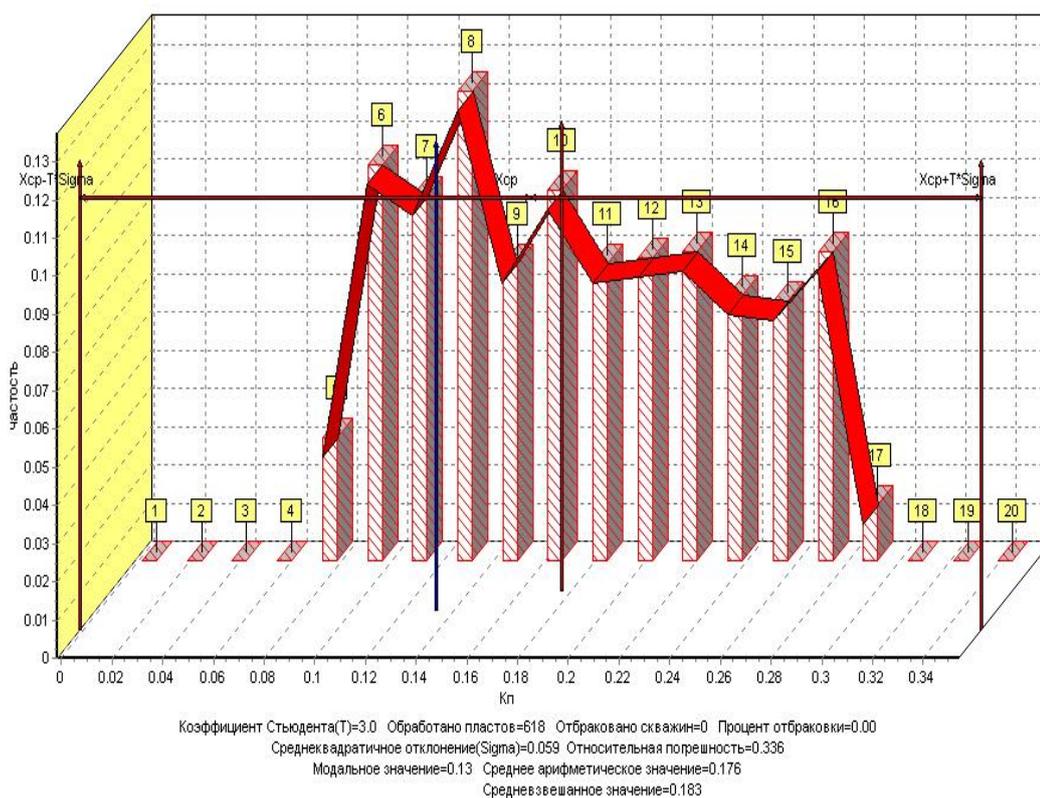


Рисунок 5 - Гистограмма распределения расчетной пористости в пластах коллекторах Бобриковского горизонта (условия фильтра – граничные значения пористости $\geq 8.1\%$)

По данной гистограмме можно проследить, что среднее арифметическое значение пористости по пласту – коллектору равно 17,6%. Данное значение пористости даёт нам обоснование для определения бобриковского горизонта, как перспективного пласта коллектор.

Результаты по определению коэффициента глинистости. В ходе проведения ГИС выше описанными методиками, были выделены следующие данные.

