



УДК 550.834.017

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЕЗА В ПРЕДЕЛАХ ЗАПАДНО-КАМЧАТСКОГО БАСЕЙНА

PETROPHYSICAL CHARACTERISTICS CHANGE PATTERNS OF INCISION WITHIN THE WEST KAMCHATKA BASIN

Гуленко Владимир Иванович
профессор, доктор технических наук,
Кубанский государственный университет

Шкирман Наталья Петровна
кандидат геолого-минералогических наук,
советник по геофизике,
ОАО «Краснодарнефтегеофизика»
nshkirman2012@ya.ru

Аннотация. По данным ГИС и материалам изучения образцов керны получены зависимости пористости и плотности от глубины, которые позволяют получать экспресс – оценки акустических характеристик пород различной литологии – чистых и глинистых песчаников, алевролитов, глин и плотных пород (песчаники с известковистым цементом, аргиллиты, известняки) в целевых интервалах разреза.

Ключевые слова: Западно-Камчатский участок, месторождения нефти и газа, пластовое давление, пластовая температура, геостатическое и гидродинамическое давление, песчаники, алевролиты, пористость, плотность.

Gulenko Vladimir Ivanovich
Professor, Doctor of Engineering,
Kuban State University

Shkirman Natalya Petrovna
Candidate of geological-mineralogical
Sciences, Associate Professor,
Adviser on geophysics,
JSC «Krasnodarneftegeofizika»
nshkirman2012@ya.ru

Annotation. According to the GIS and materials study samples of core porosity and density dependences of depth, which provide a rapid assessment of the acoustic characteristics of rocks of different lithology-clean and argillaceous sandstones, siltstones, clay and dense rocks (sandstones with izvestkovistym cement, argillites, limestone) in target intervals section.

Keywords: West Kamchatka area, oil and gas, reservoir pressure, temperature, geostatic and hydrodynamic pressure, sandstones, siltstones, acoustic, porosity, density.

Западно-Камчатский участок располагается в пределах Западно-Камчатского тектонического прогиба и одноименного осадочного бассейна, охватывающего восточный шельф Охотского моря и западную часть полуострова Камчатка (рис. 1). Для понимания геологического строения участка крайне важны результаты геолого-геофизических работ, проведенных на полуострове Камчатка и в пределах Западно-Камчатского прогиба в области акватории. Ниже приводятся краткие сведения о геолого-геофизической изученности этой территории.



Рисунок 1 – Схема графического положения Западно-Камчатского участка



Изученность региона бурением довольно низкая, за исключением шельфа Сахалина, и весьма неравномерна по площади. На шельфе Западной Камчатки не пробурено ни одной параметрической скважины. В связи с этим представления о геологическом строении исследуемого участка базируются в основном на различных геофизических данных, сопоставленных с таковыми по шельфу Сахалина, Примагаданскому шельфу и на данных бурения по примыкающим районам западного побережья Камчатки.

В условиях практически полного отсутствия глубокого бурения на шельфе Западной Камчатки, для изучения обобщенных акустических и литолого-петрофизических характеристик разреза обычно привлекаются данные геологической съемки, бурения, ГИС, исследований керна, полученные по единичным скважинам на шельфе (Магаданская 1, Первоочередная 1) и скважинам сопредельной суши (Гаванская 1, Схумочская 1, Усть-Облуковинская 1, Кшукская 3, Нижне-Квакчикские-1, 4, 11 и т.д., всего ~ 30–35 скважин).

С учетом данных по скважинам, весьма разнородных как по качеству, интервалам и объему методов исследования, систематизация данных выполнялась по следующим направлениям:

- стратификация целевых границ, анализ глубин залегания и толщин целевых свит;
- анализ данных ВСП;
- анализ данных стандартного каротажа;
- анализ данных других методов ГИС (боковой и индукционный каротаж, МБК, нейтронные методы);
- анализ данных акустического и плотностного каротажа;
- анализ данных о пластовых параметрах ($T_{пл}$, $P_{пл}$);
- анализ данных об опробованиях и нефте-, газопроявлениях в скважинах;
- анализ данных о результатах исследования керна.

Полученная информация позволила увязать стратификацию опорных горизонтов и целевых свит, вскрытых бурением на суше и в разрезе скважины, пробуренной в морских условиях; построить литостратиграфические разрезы по скважинам, пересекающим Колпаковский разрез на суше.

Полученные литостратиграфические разрезы позволили проследить строение разреза и латеральные вариации мощностей отдельных свит по различным направлениям как на суше, так и на море.

Так было установлено, что мощность осадочного чехла кайнозоя в западной части Колпаковского прогиба составляет ~ 3,5 км, при этом верхнемеловой комплекс в его депоцентре скважинами не вскрыт. Мощность палеогена с юга к осевой части прогиба также увеличивается – от 128 м до ~ 900 м.

Иная картина наблюдается в северо-западной части Колпаковского прогиба. Заметное увеличение мощности нижнемиоценового комплекса здесь происходит за счет появления в разрезе утхолокской свиты, а палеогенового – за счет аманинско-гахкинской свиты.

В скважинах северо-западного блока в пределах суши наблюдается общая глинизация палеогенового интервала, появление песчаных разностей в разрезах наблюдается эпизодически. Тем не менее, в скв. Вейберовская 1 из интервала утхолокской свиты с получен приток газа со следами нефти, а в аманинско-гахкинских отложениях наблюдались газопроявления при бурении.

В направлении с юго-востока на северо-запад толщины палеогена увеличиваются в 3,0–3,5 раза, от 128 м до 400 м, сокращаясь в сторону акватории до 360 м.

В сторону моря преимущественно песчаный интервал снатольской свиты, в связи с удаленностью от области сноса, становится более тонкозернистым, переходя в песчано-алеврито-глинистые разности. Наблюдается закономерное погружение бассейна в сторону моря.

Для обобщения термобарических характеристик разреза Западно-Камчатского лицензионного участка был проанализирован материал по морским скважинам Магаданская 1, Хмитевская 1, Первоочередная 1, а также по скважинам Кшуского, Нижне-Квакчикского и Северо-Колпаковского газоконденсатных месторождений (ГКМ). Указанные материалы позволяют увидеть общую тенденцию поведения термобарических характеристик на обширной части акватории Охотского моря – от западного побережья Камчатки на юге до залива Шелихова на севере.

Результаты обобщения свидетельствуют о том, что в интервале глубин 1,0–3,5 км в разрезах указанных скважин пластовые давления равны или близки гидростатическим ($K_{ан} \sim 1,04 \div 1,12$), рисунок 2,А.

Из этого следует, что в пределах указанной территории в геологическом разрезе кайнозоя зоны аномально-высокого пластового давления (АВПД) отсутствуют, а, следовательно, отсутствуют связанные с ними зоны сохранения пористости («зоны запечатывания коллекторов») и основные изменения ФЕС с глубиной происходят под воздействием геостатического давления, зависящего от мощности и плотности вышележащих пород. Таким образом, можно ожидать, что изменение пористости пород с глубиной подчиняется закону нормального уплотнения.

Распределение $T_{пл}(H)$, представленное на рисунке 2,Б демонстрирует близость температурного градиента для «северных» скважин и существенное отличие их от кривой $T_{пл}(H)$, замеренной в скважине Первоочередная 1.

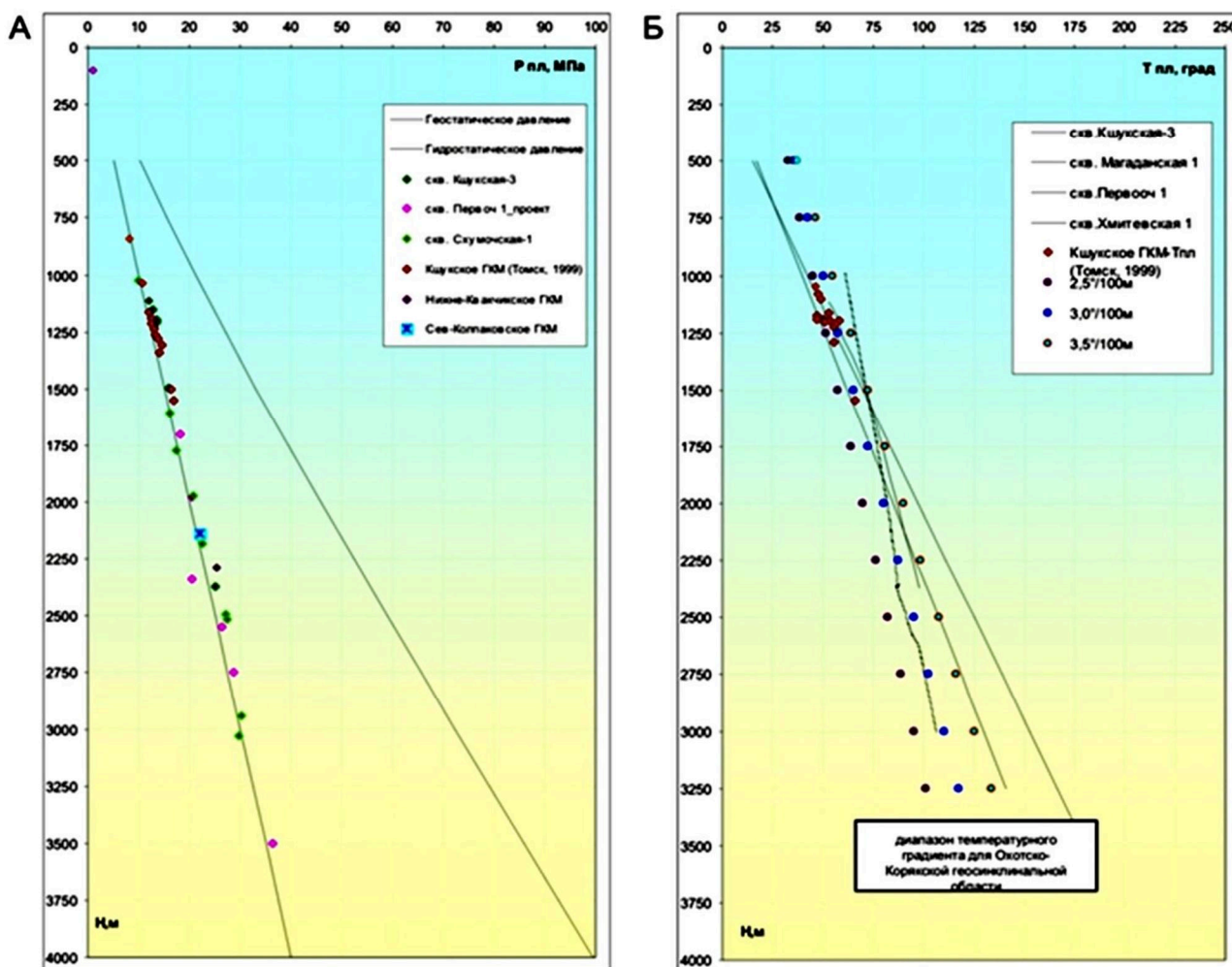
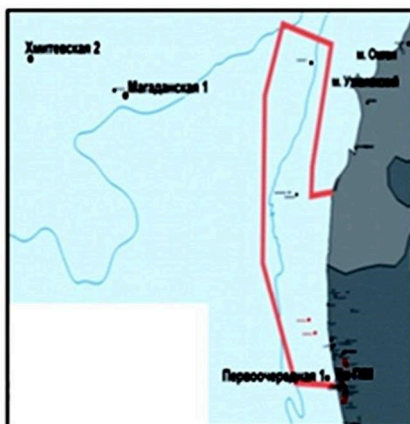


Рисунок 2 – Термобарические характеристики $P_{пл}(H)$ – А и $T_{пл}(H)$ – Б Западно-Камчатского участка

В свою очередь, значения температурного градиента, замеренного в скв. Первоочередная 1, хорошо согласуются с диапазоном температурного градиента, полученного в целом для Охотско-Корякской геосинклинальной области, величина температурного градиента составляет $\sim 2,5\text{--}2,8/100\text{ м}$.

Исходной информацией для построения зависимости пористости песчано-глинистых пород от глубины послужили данные об исследовании керна и ГИС по семи глубоким скважинам на суше и двум морским скважинам – Магаданская 1 и Первоочередная 1.

Зависимость $K_p(H)$, полученная для различных литологических разностей для Западно-Камчатского участка, представлена на рисунке 3,А.

Реальный диапазон изменения пористости для песчаных коллекторов в интервале глубин 1,0–1,4 км составляет $25\text{--}38 \div 20\text{--}32 \%$ (скв. Кшукская 1, эрмановская свита, неоген). Значения K_p , превышающие 50 %, полученные в этом же интервале глубин на образцах скв. Магаданская 1, по-



видимому, отображают не истинную структуру порового пространства гранулярных коллекторов, а связаны разрушением образцов в связи с отбором их в зонах нарушения.

Второй целевой интервал разреза – снатольская свита, палеоген ($H = 2,3-3,1$ км) – характеризуется более узким диапазоном параметра K_n – $18-23 \div 9-15$ % (скв. Нижне-Квакчикская 11, скв. Первоочередная 1), причем в этот диапазон попадают и значения, полученные для образцов скв. Магаданская 1 (рис. 3,А).

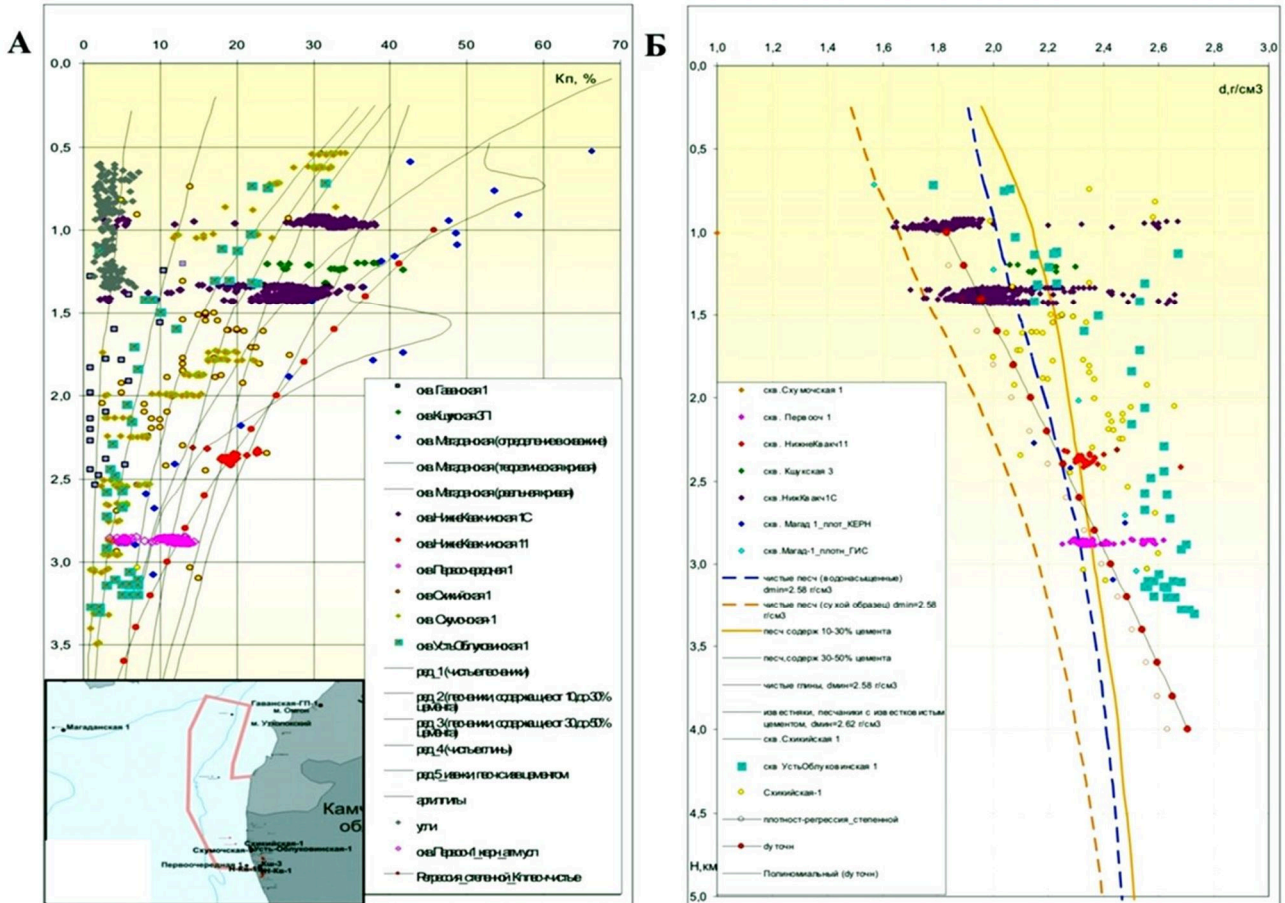


Рисунок 3 – Зависимости $K_n(H)$ – А и $d(H)$ – Б, полученные по данным ГИС и исследования керна для различных литологических разновидей. Западно-Камчатский участок

Для того, чтобы подчеркнуть общую тенденцию изменения $K_n(H)$ и одновременно попытаться дифференцировать ее для различных литологических разновидей, данные замеров на керне были совмещены с эмпирическими кривыми $K_n(H)$, полученными Авербухом А.Г. для терригенных пород кайнозоя: чистых песчаников, песчаников с различным содержанием глинистого цемента и чистых глин [1]. Аналогичная информация для пород – неколлекторов – песчаников с известковым цементом, аргиллитов и углей была получена из справочной литературы [2].

Значения пористости пород кайнозоя, полученные по керновому материалу Западной Камчатки, довольно хорошо согласуются с зависимостями $K_n(H)$, полученными по литературным данным. При этом наибольший градиент отмечается для глин и глинистых пород в верхней части разреза ($H = 0-2,0$ км); наименьший – для плотных пород – аргиллитов, известняков и песчаников с известковым цементом. В нижней части разреза ($H = 2,0-4,0$ км) заметный градиент сохраняется только для глин и песчаных коллекторов. Для плотных пород градиент изменения $K_n(H)$ в этом интервале глубин практически равен нулю.

Отметим, что образцы, полученные в скв. Усть-Облуковинская и Гаванская, несмотря на довольно высокие значения пористости (до 12–22 %), скорее всего, характеризуют породы – неколлекторы, а значения $K_n(H)$, полученные в разрезе скв. Схумочская 1, являются граничными, ниже которых песчаные породы кайнозоя Западной Камчатки теряют свои коллекторские свойства (рис. 3.1,А).

В правой части рисунка 3.1,Б приведены зависимости, характеризующие изменения плотности пород с глубиной в пределах Западно – Камчатского участка. При получении зависимостей $d(H)$ были использованы замеры плотности пород по керну, что позволило оценить минералогическую плотность для пород. Согласно выполненным оценкам для чистых песчаников и чистых глин значение $d_{мин}$



примерно одинаково и составляет $2,58 \text{ г/см}^3$, а для плотных песчаников с известковым цементом – $2,62 \text{ г/см}^3$.

Интересно отметить, что кривые $d(H)$, рассчитанные для чистых песчаников в случае их водо- и газонасыщения – ярко-оранжевый пиксир и ярко-синий пиксир – хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными для песчаных пород верхнего продуктивного интервала (эрмановская и эталонская свиты).

Необходимо отметить, что приводимые на планшете единичные данные K_n и d , полученные на образцах керна, хорошо вписываются в интервалыны максимальных и минимальных значений этих параметров, полученных по материалам площадной геологической съемки для образцов песчаных и плотных пород различной литологии и стратиграфической принадлежности.

Выводы

По данным бурения получены обобщенные зависимости термобарических характеристик разреза Западной Камчатки в интервале глубин 0–4,0 км, которые позволяют выполнить предварительную оценку пластовых параметров $P_{пл}$ и $T_{пл}$, используемых на этапе подсчета прогнозных ресурсов.

В интервале глубин 0,5–4,0 км по данным ГИС и изучения керна получены зависимости $K_n(H)$ и $d(H)$, которые позволяют получать экспресс – оценки емкостных и плотностных характеристик пород различной литологии – чистых и глинистых песчаников, алевролитов, глин и плотных пород (песчаники с известковистым цементом, аргиллиты, известняки) в целевых интервалах разреза.

Литература:

1. Авербух А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. – М. : Недра, 1982. – 232 с.
2. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1984. – 455 с.

References:

1. Averbukh A.G. Study of the composition and properties of rocks with seismic exploration. – M. : Nedra, 1982. – 232 p.
2. Physical properties of rocks and minerals (petrophysics). Directory of Geophysics / ed. N.B. Dortman. – 2 Ed., revised. and extras. – M. : Nedra, 1984. – 455 p.