УДК 553.98; 552.578.2

**М.Э. Мерсон, И.А. Козлова, Н.С. Колтырина**
**M.E. Merson, I.A. Kozlova, N.S. Koltyrina**

# ВЫДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОЛЛЕКТОРОВ АРТИНСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОКА ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ

# SELECTION AND EVALUATION OF THE QUALITY COLLECTORS ARTINSKIAN CARBONATE DEPOSITS ON THE NORTH-EAST OF THE VOLGO-URAL PROVINCE

Решаются задачи выделения коллекторов, определения их качества и определения границ распространения промышленно значимых коллекторов на территории северо-востока Волго-Уральской провинции. Приведено описание методики исследования, результаты обработки исходных данных, карты эффективных толщин и пористости артинских карбонатных отложений. Даны рекомендации по постановке дальнейших работ на перспективных областях.

In this paper we solve the problem of reservoir, determine their quality and definition of boundaries of industrially important collectors in the north-east of the Volgo-Ural province. The description of research methodology, the results of processing the source data, maps effective thickness and porosity Artinskian carbonate deposits. In conclusion, recommendations for the formulation of further research in promising areas.

**Ключевые слова:** карбонатный коллектор, эффективная толщина, пористость, зона отсутствия отложений, проницаемый пропласток.

**Keywords**: carbonate reservoir, porosity, thickness, area no deposits, permeable interlayer.

Все основные нефтегазовые комплексы (НГК) на территории северо-востока Волго-Уральской провинции в настоящий момент изучены с высокой степенью детальности, а месторождения, приуроченные к ним, по большей части находятся на завершающих стадиях разработки. Однако и в настоящее время еще остались комплексы, которые требуют детальных геолого-геофизических исследований и новой интерпретации материалов. К таким комплексам можно с уверенностью отнести нижнепермский карбонатный НГК, в котором на территориях Пермского края, Удмуртской республики и Кировской области открыто всего 11 месторождений [1].

Нижнепермский комплекс отложений на северо-востоке Волго-Урала претерпевает существенное изменение литологического состава. Так, в западной части изучаемой территории он представлен сульфатно-карбонатными породами, а в восточной начиная с границы платформы и прогиба в разрезе проявляется несколько полос разновозрастных рифогенно-рифовых массивов, которые в восточном напрвлении постепенно замещаются вначале битуминозно-кремнисто-карбонатными, затем более грубообломочными флишоидно-молассовыми отложениями. В наиболее погруженной части Предуральского прогиба по кровле артинского яруса развиты каменные и калийные соли, к востоку соли полностью замещаются терригенными породами, т.е. в Предуральском прогибе происходит резкое увеличение в восточном направлении мощности нижнепермского «терригенного клина» – от 0 до 2500 м [2].

В работе будут исследованы артинские карбонатные отложения нижнепермского возраста, которые представлены преимущественно известняками, переслаивающимися с мергелями, доломитами и глинистыми известняками, с общей тенденцией увеличения мощностей на восток, к Предуральскому прогибу. Исходными данными для исследований послужил каротаж, проведенный в 148 глубоких скважинах, пробуренных на различных площадях исследуемой территории, из них в пределах Пермского края – в 91, Удмуртской республики – в 13, Кировской области – в 6 скважинах.

Задача выделения проницаемых пропластков в карбонатах артинского яруса решалась по данным кривых гамма-каротажа (ГК) и нейтронного-гамма-каротажа (НГК) в программе Lexx. За проницаемый интервал принимался интервал, в котором кривая НГК показывала меньшую плотность пород. Одновременно с этим вводились поправки на глинистость, чтобы исключить влияние мергелей и глинистых известняков. Фрагмент выделения коллекторов в программе приведен на рис. 1.

Следует отметить, что карбонатные коллекторы очень неоднородны и количество выделенных пропластков изменялось значительно – от единиц и десятков до 200. Для северо-восточных районов характерно максимальное количество пропластков (80 и более). На остальной территории количество выделенных по данным геофизических исследований скважин (ГИС) пропластков не превышает 10–20. Заметная дифференциация существует на востоке Пермского края и на платформенных участках, к нему прилегающих, тогда как разрезы Удмуртии характеризуются расчлененностью не более 10.

Следующей задачей было определение пористости выделенных пропластков. Для определения пористости по НГК использовалась методика двух опорных горизонтов. В качестве опорных пластов при расчете двойного разностного параметра $\Delta I_{n\gamma}$ были приняты наиболее и наименее плотные карбонатные породы артинского яруса. Расчет двойного разностного параметра $\Delta I_{n\gamma}$ проводился по упрощенной методике с помощью формулы [3]:

$$\Delta I_{n\gamma} = \frac{I_{n\gamma}^{\text{пл}} - I_{n\gamma}^{\min}}{I_{n\gamma}^{\max} - I_{n\gamma}^{\min}}.$$

Рис. 1. Пример выделения коллекторов

При расчете пористости территория была разбита на две зоны – платформенную часть и прогиб. Расчет открытой пористости проводился по зависимостям керн – ГИС, принятым при подсчете запасов, отдельно для территории прогиба и платформенной части. Использованные формулы для платформы и прогиба соответственно:

$$\text{К}_{\text{ОП}} = -28,786 \cdot \lg\left(\Delta I_{n\gamma}\right) - 3,656,$$

$$\text{К}_{\text{ОП}} = -11,148 \cdot \lg\left(\Delta I_{n\gamma}\right) + 0,750.$$

Рассчитанные по данной методике значения $\text{К}_{\text{ОП}}$ для каждого пропластка были пересчитаны как средневзвешенные по толщине для каждой скважины.

Таким образом были обработаны все разрезы скважин, и была составлена база данных для артинских отложений по территориям Пермского края, Удмуртии и Кировской области, включающая следующие параметры: абсолютные отметки кровли артинских карбонатных отложений, мощность комплекса, суммарная эффективная толщина, коэффициент пористости, коэффициент песчанистости, расчлененность.

Следующим этапом исследований было построение карт распространения коллекторов, их свойств и качества. Пример исходных данных для построения карт представлен в таблице.

Исходные данные для построения карт

| Площадь | Номер скважины | *X* | *Y* | Абсолютная отметка кровли $P_1ar$, м | Мощность комплекса $P_1ar$, м | Суммарная эффективная толщина $P_1ar$, м | Коэффициент пористости $P_1ar$, % | Коэффициент песчанистости $P_1ar$, доли единицы | Расчлененность $P_1ar$, ед. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дебесская | 610 | 10317587 | 6353596 | –438 | 19 | 2,6 | 17,46 | 0,137 | 1 |
| Дебесская | 646 | 10300019 | 6395689 | –474,89 | 13 | 3,4 | 9,23 | 0,262 | 3 |
| Дебесская | 647 | 10296388 | 6398296 | –489,51 | 13 | 3,6 | 5,93 | 0,277 | 2 |
| Есенейская | 278 | 10263239 | 6365723 | –399,24 | 11 | 2,4 | 20,61 | 0,218 | 2 |
| Есенейская | 279 | 10261669 | 6363343 | –398,7 | 17 | 9 | 10,36 | 0,529 | 2 |

В качестве примера построения карт приведем две карты – эффективных толщин коллекторов и их пористости.

Построение изолиний производилось в программе Surfer12, а оформление карты пористости коллекторов – в программе ArcView 3.2. Сечение изолиний и качество коллекторов по пористости обосновывалось согласно классификации карбонатных коллекторов Н.В. Кобрановой (1986):

– от 5 до 10 % – низкоемкие коллекторы;

– от 10 до 15 % – среднеемкие коллекторы;

– от 15 до 20 % – высокоемкие коллекторы;

– более 20 % – весьма высокоемкие коллекторы.

Карта эффективных толщин коллекторов артинских карбонатных отложений, построенная с учетом вышеуказанного, приведена на рис. 2.

Исследования показали, что на территории северо-востока Волго-Урала происходит постепенное выклинивание исследуемой толщи в направлении с востока на запад, в южной части по границе Кировской области и Удмуртии, далее – на восток до границ Предуральского прогиба и к северу до границ Камского свода. Оценивая эффективную мощность артинских коллекторов в зонах их развития, можно отметить, что максимально высокие значения отмечаются на крайнем северо-востоке территории – на границе Предуральскогопрогиба и Передовых складок Урала – в скважинах Кисловской, Юбилейной, Иважинской площадей. Толщины коллекторов здесь достигают значений 60–180 м и более. Зона максимальных толщин характерна для Иважинской, Кисловской, Луховской и Юбилейной площадей Пермского края. Зоны с высокими мощностями (40–60 м) находятся на территориях, примыкающих к Предуральскому прогибу, а также в Бымско-Кунгурской моноклинали и Башкирском своде (БС). Следует отметить, что остальная часть территории Пермского края характеризуется развитием артинских карбонатных коллекторов мощностью от 5 до 20 м. Незначительные мощности коллекторов, до 5 м, фиксируются в южных частях Верхнекамской впадины (ВКВ) и Северо-Татарского свода на территории Удмуртии. Для территории Кировской области только на Езжинской площади мощности артинских коллекторов составляют до 20 м, вся остальная часть характеризуется отсутствием отложений, за исключением крайних северо-восточных районов, где еще отмечается наличие коллекторов с толщинами 5–10 м.

На рис. 3 приведена карта пористости артинских карбонатных коллекторов.

Большая часть исследуемой территории, как было указано, характеризуется отсутствием отложений в разрезах скважин. Линия кондиционных значений $К_{ОП}$ = 5 % окаймляет зону отсутствия артинских карбонатных отложений. Таким образом, оценить качество коллекторов артинского яруса возможно лишь в южной, восточной и северо-восточной частях территории.

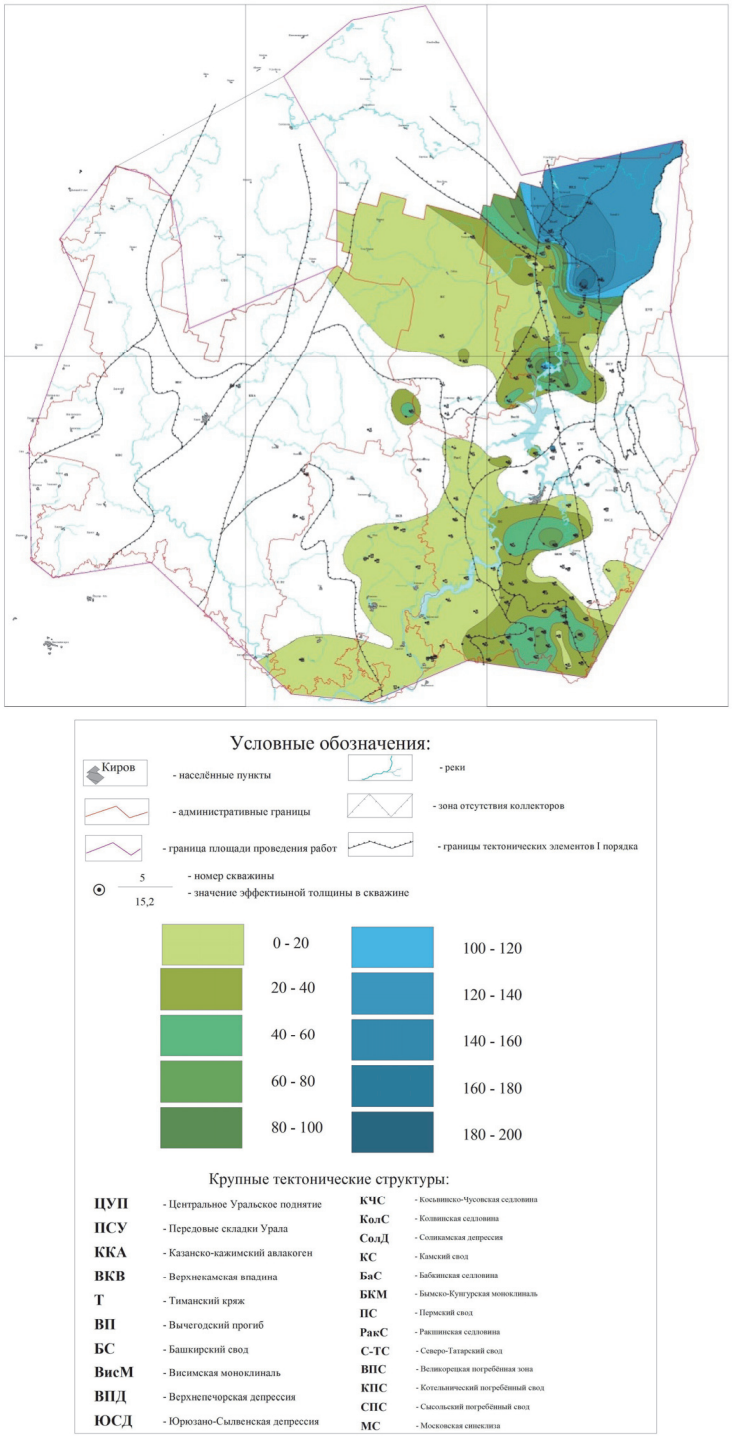
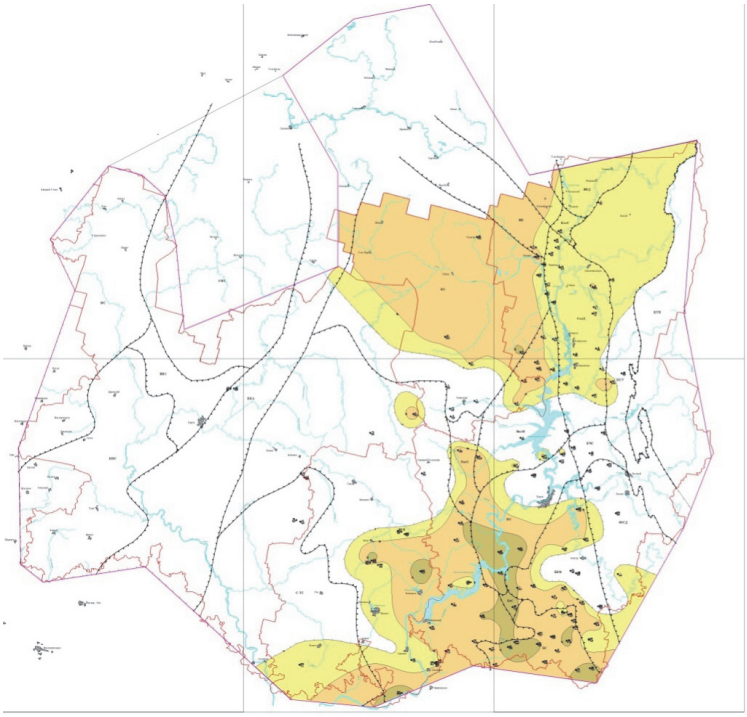



Рис. 2. Карта эффективных толщин отложений артинского яруса



Условные обозначения:

Киров - населённые пункты

- реки

- административные границы

- зона отсутствия коллекторов

- граница площади проведения работ

- границы тектонических элементов I порядка

5 / 15,2 - номер скважины / - пористость коллектора, %

- зона низкоёмких (5-10%), низкопроницаемых ( 0,1-10 фм$^2$ ) коллекторов

- зона среднеёмких (10-15%), среднепроницаемых (10-100 фм$^2$ ) коллекторов

- зона высокоёмких (15-20%), высокопроницаемых (100-500 фм$^2$ ) коллекторов

- зона весьма высокоёмких (>20%), весьма высокопроницаемых (500-1000 фм$^2$) коллекторов

Крупные тектонические структуры:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ЦУП** | - Центральное Уральское поднятие | **КЧС** | - Косьвинско-Чусовская седловина |
| **ПСУ** | - Передовые складки Урала | **КолС** | - Колвинская седловина |
| **ККА** | - Казанско-кажимский авлакоген | **СолД** | - Соликамская депрессия |
| **ВКВ** | - Верхнекамская впадина | **КС** | - Кемский свод |
| **Т** | - Тиманский кряж | **БаС** | - Бабкинская седловина |
| **ВП** | - Вычегодский прогиб | **БКМ** | - Бымско-Кунгурская моноклиналь |
| **БС** | - Башкирский свод | **ПС** | - Пермский свод |
| **ВисМ** | - Висимская моноклиналь | **РакС** | - Ракшинская седловина |
| **ВПД** | - Верхнепечорская депрессия | **С-ТС** | - Северо-Татарский свод |
| **ЮСД** | - Юрюзано-Сылвенская депрессия | **ВПС** | - Великорецкая погребённая зона |
| | | **КПС** | - Котельничский погребённый свод |
| | | **СПС** | - Сысольский погребённый свод |
| | | **МС** | - Московская синеклиза |

Рис. 3. Карта качества карбонатных коллекторов артинских отложений

Несмотря на ограниченность распространения коллекторов на западе Пермского края, вдоль границы с ВКВ, а также на окончании Пермского свода, Бабкинской седловины и локально на территории БС выделяется зона распространения коллекторов с повышенными фильтрационно-емкостными свойствами ($К_{ОП}$ = 15…20 %). В пределах ВКВ Удмуртии участки с относительно повышенными фильтрационно-емкостными свойствами отмечены в пределах Дебесской площади. Остальная часть территории характеризуется низким качеством коллекторов ($К_{ОП}$ = 10–15 %).

На основании проведенных исследований можно выделить зону, перспективную для дальнейших поисково-оценочных работ, – узкую, меридионально вытянутую область, расположенную в южной части рассматриваемой территории, на восточном окончании ВКВ. Эта зона характеризуется повышенными значениями пористости (15–20 %) и достаточно выдержанными толщинами (20–40 м).

**Список литературы**

1. Лядова Н.А., Яковлев Ю.А., Распопов А.В. Геология и разработка нефтяных месторождений Пермского края / ОАО ВНИИОЭНГ. – М., 2010. – 335 с.

2. Проворов В.М. Основные черты тектоники нижнепермских отложений и ее связь с глубинным строением Среднего Приуралья // Нижнепермские отложения Пермского Предуралья: тр. ВНИГНИ. Камское отделение. – Вып. 118. – Пермь, 1973. – С. 28–48.

3. Косков В.Н. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 315 с.

Получено 30.06.2014

**Мерсон Михаил Эдуардович** – кандидат геолого-минералогических наук, профессор, ПНИПУ, ГНГ, e-mail: gng@pstu.ru.

**Козлова Инна Анатольевна** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ПНИПУ, ГНГ, e-mail: ikozloya@pstu.ru.

**Колтырина Наталья Сергеевна** – студентка, ПНИПУ, ГНГ, гр. ГНГ-10-2, e-mail: natalya.koltyrina@mail.ru.