

УДК 552.086

**А.А. Кочнев, С.Н. Кривошеков**

**A.A. Kochnev, S.N. Krivoshchekov**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ  
И ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ  
ВЕРХНЕДЕВОНСКО-ТУРНЕЙСКИХ РИФОВ  
БЕРЕЗНИКОВСКОГО ПАЛЕОПЛАТО  
LITHOLOGICAL-FACIAL STRUCTURE  
AND CHARACTERIZATION OF THE RESERVOIR  
PROPERTIES OF THE UPPER DEVONIAN-TOURNAISIAN  
REEFS FROM PEOPLETO BEREZNIKI**

Проанализировано литолого-фациальное строение верхнедевонско-турнейских рифов Березниковского палеоплато. Для анализа были взяты месторождения северной и южной его частей. По выделенным фациальным зонам была дана характеристика коллекторских свойств, в соответствии с которыми были выявлены зоны, перспективные для заложения скважин.

**Ключевые слова:** Соликамская депрессия, риф, палеоплато, фация, фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС), трещиноватость, дебит, геологическая модель.

In the work analyzed the lithofacies structure of the upper Devonian-tournaisian reefs Berezniki people. For analysis were taken from deposits of the Northern and the southern part of plaplate. Selected facies zones was the characteristic of reservoir properties, in accordance with which the identified prospective zones for wells locations.

**Keywords:** Solikamsk depression, reef, pleople, facies, FES, fracturing, flow rate, geological model.

Березниковское рифогенное палеоплато позднефранско-турнейского возраста относится к территории Соликамской депрессии, которая обладает наиболее высоким потенциалом нефтеносности в Пермском крае. Одним из самых перспективных здесь считается верхнедевонско-турнейский карбонатный нефтегазоносный комплекс.

При изучении и эксплуатации карбонатных резервуаров возникает большое количество трудностей из-за значительной неоднородности, смены циклов осадконакопления, неравномерного развития трещиноватости и др., поэтому для составления рациональной схемы разработки месторождений и оптимизации работы скважин необходимо проведение детального изучения строения рифовых резервуаров [1].

Целями данного исследования являются анализ особенностей фациального строения верхнедевонско-турнейских рифовых массивов северной и южной частей Березниковского палеоплато, оценка коллекторских свойств по фациальным зонам, выбор наиболее перспективных областей для заложения скважин, а также создание фациальной модели на примере месторождения им. Архангельского. В работе были использованы материалы сейсмофациального анализа Уньвинского, Сибирского, Шершневого, Архангельского (расположенных на юге территории) и Гагаринского, Маговского месторождений (расположенных на севере территории), выполненного филиалом ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» – «ПермНИПИнефть».

При изучении сейсмофациальных карт месторождений было установлено, что можно выделить три основных типа фаций: рифовую, склоновую и межрифовую (рис. 1).

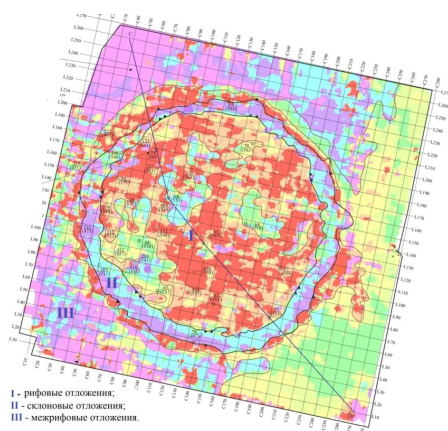


Рис. 1. Сейсмофациальная карта Шершневого месторождения

Накопление рифовых отложений открытой карбонатной платформы с активным гидродинамическим режимом проходило в условиях максимальной трансгрессии морского бассейна.

В разрезе фаменских отложений четко прослеживается цикличность осадконакопления, отражающаяся по керну и на кривых ГИС. Последнее связано с постоянно изменяющейся палеотектонической обстановкой на изучаемой территории. Циклиты характеризуются последовательной сменой генетических типов отложений по вертикали от наиболее плотных карбонатных отложений к более пористым. Плотные разности сложены известняками тонко- и мелкозернистыми, комковато-водорослевыми, водорослевыми, с крупными водорослевыми постройками; проницаемые – сгустково-комковатыми со сферами, комковатыми с водорослями, песчаниковидными, органогенно-обломочными известняками, прослоями – породы с многочисленными зернами прозрачного кальцита, участками с кристаллическим цементом.

По описанию керна, известняки – с единичным перекристаллизованным раковинным детритом, гнездами вторичной кальцитизации, неравномерно пористые, от плотных до высокопористых. Породы кавернозные, с единичными стилолитами, трещиноватые, неравномерно крепкие. Каверны округлой и неправильной формы, инкрустированные средне- и крупнокристаллическим кальцитом, размером 2–10 мм, в единичных случаях до 20–40 мм. Крепость породы ослаблена за счет интенсивной трещиноватости. Трещины многочисленные: тектонические наклонные, субвертикальные, разноориентированные, субгоризонтальные, единичные – выполненные кальцитом.

Склоновый тип, по данным ГИС, представлен известняками с прослоями аргиллитов. Известняки склона рифа формировались по периферии рифовых построек при их разрушении в условиях активного гидродинамического режима. По данным керна, известняки серые, темно-серые с коричневатым оттенком, различные по структуре (комковато-водорослевые, комковатые, водорослево-детритовые и др.), прослоями обломочные, конгломератовидные и брекчиевидные, с длинными тонкими стилолитовыми швами, выполненными черным битуминозным веществом, прослоями пористо-мелкокавернозные, неравномерно битумонасыщенные, с кавернами, трещиноватые, крепкие.

Толщина межрифовых отложений (впадинно-терригенно-карбонатных) более 180 м. Краткая литологическая характеристика отложений получена по описанию керна. Разрез представлен известняками с прослоями аргиллитов. Известняки темно-серые, тонкокристаллические, массивные, органогенно-обломочные, глинистые, плотные, крепкие. Аргиллиты от темно-серых до черных, углистые, плотные, средней крепости, рассланцованные.

Проанализировав сейсмофациальные карты, можно сделать вывод, что в целом рифы северной и южной частей имеют схожее строение, они сформировались в практически одинаковых условиях, а следовательно, в них выделены почти идентичные фациальные зоны [2].

Выделение литолого-фациальной зональности проводится с учетом влияния условий осадконакопления на коллекторские свойства пород [3]. Были проанализированы эффективные толщины, прогнозная пористость, пористость по керну, а также проницаемость по газу (табл. 1).

Таблица 1

Распределение коллекторских свойств по фациальным зонам

Зоны	Месторождение									
	Уньвинское		Сибирское		Шершневское		Гагаринское		Маговское	
	$H_{эф}$ , м	$K_{п}$ , %	$H_{эф}$ , м	$K_{п}$ , %	$H_{эф}$ , м	$K_{п}$ , %	$H_{эф}$ , м	$K_{п}$ , %	$H_{эф}$ , м	$K_{п}$ , %
I	4–29	6–8	7,7–25,0	4–6	13,8–31,0	4–6	10–25	3–6	10–30	3–7
II	6–9	4–6	6–8	4–5	6–32	4–6	5–10	5–7	5–10	3–5
III	4	4–6	5	4–5	6–27	4–6	До 5	6–7	До 5	4–5

В целом для месторождений северной части Березниковского палеоплато характерно увеличение эффективных толщин с востока на запад, а также повышенные показания пористости в соответствии с месторождениями южной части. Эффективные толщины колеблются от 5 до 30 м, пористость изменяется от 3 до 7 %.

Эффективные толщины южной части плато изменяются от 0 до 17,5 м, лишь на Сибирском месторождении они доходят до 25 м, а пористость изменяется от 4 до 6 %. Установлена тенденция увеличения значений эффективных толщин рифов с востока на запад, характерная как для северной, так и для южной части палеоплато.

В результате анализа коллекторских свойств было установлено, что рифовые отложения являются преимущественно плотными ( $K_{п} < 5 \%$ ), непроницаемыми ( $K_{пр} < 0,0001 \text{ мкм}^2$ ) и слабопроницаемыми ( $K_{пр} = 0,0001\text{--}0,01 \text{ мкм}^2$ ). Низкие коллекторские свойства объясняются широко развитыми процессами кальцитизации и перекристаллизации, ухудшающими пустотное пространство пород. Значение коэффициентов пористости и проницаемости у основания рифа колеблются в широких пределах. Это породы от плотных до высокопористых, от непроницаемых до среднепроницаемых. Преобладают плотные ( $K_{п} = 5 \%$ ) и низкопористые ( $K_{п} = 5\text{--}10 \%$ ), практически непроницаемые ( $K_{пр} < 0,0001 \text{ мкм}^2$ ), весьма слабопроницаемые ( $K_{пр} = 0,0001\text{--}0,01 \text{ мкм}^2$ ) и слабопроницаемые ( $K_{пр} = 0,01\text{--}0,1 \text{ мкм}^2$ ) коллекторы. Присутствие пород с повышенными ФЕС обусловлено наличием хорошей первичной пористости, которая способствовала развитию в дальнейшем процессов выщелачивания.

Отложения рифового склона также обладают достаточно разнообразными показателями коллекторских свойств. Это плотные ( $K_{п} = 4\text{--}6 \%$ ) и низкопористые ( $K_{п} = 6\text{--}10 \%$ ), практически непроницаемые ( $K_{пр} < 0,0001 \text{ мкм}^2$ ), весьма слабопроницаемые ( $K_{пр} = 0,0001\text{--}0,01 \text{ мкм}^2$ ) и слабопроницаемые ( $K_{пр} = 0,01\text{--}0,1 \text{ мкм}^2$ ) породы. Межрифовые отложения массивные, глинистые, плотные ( $K_{п} < 5 \%$ ).

Высокие коллекторские свойства обусловлены высокой трещиноватостью, которую необходимо учитывать для заложения скважин. Развитие трещиноватости негативно сказывается на добывающих скважинах, так как она оказывает влияние на падения дебитов. Трещиноватость отмечается в зонах основания рифов, а также в областях распространения склоновых фаций. В центральной части рифового массива она не развита, зона рифогенных отложений наиболее стабильная, следовательно, дебиты скважин будут значительно выше, что делает ее перспективной для заложения новых скважин.

На примере месторождения им. Архангельского была построена фациальная модель (рис. 2), анализ которой показал, что дебит скважин рифовых зон значительно стабильнее и выше, чем дебиты скважин склоновой зоны (табл. 2). Дебиты склоновых зон характеризуются первоначально высокими значениями, но затем стремительным падением. Для увеличения значений дебитов на месторождении были пробурены горизонтальные стволы, которые как раз попали в зону рифовых отложений, что позволило увеличить дебит добывающих скважин в 2–3 раза.

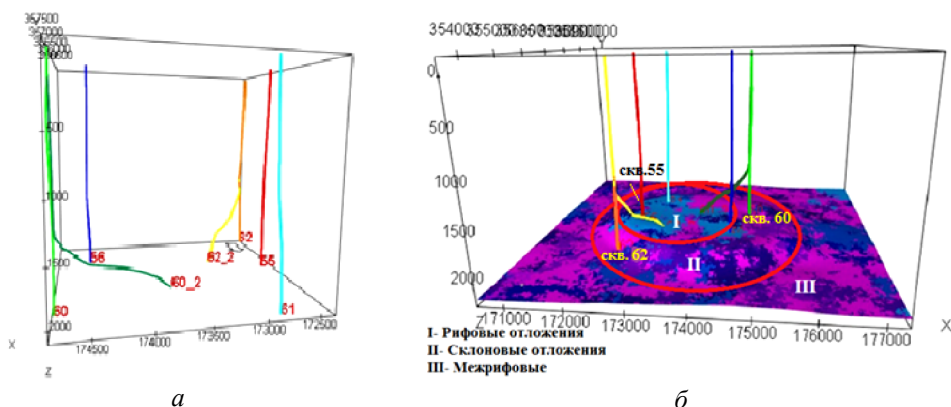


Рис. 2. Модель скважин месторождения им. Архангельского (а), фациальная модель пласта Т-Фм (б)

Таблица 2

Дебиты скважин пласта Т-Фм месторождения им. Архангельского

Номер скважины	Дебит нефти на 2008 год, т/сут	Дебит нефти на 2013 год, т/сут
55	31	39,7
60	61,2	23,2
62	48,1	10,11

Анализ литолого-фациального строения месторождений очень важен как для составления рациональной схемы разработки месторождений, так и для оптимизации работы скважин.

### Список литературы

1. Бояршинова М.Г., Антонюк О.В. Литолого-фациальная характеристика пород-коллекторов Южно-Раевского рифового резервуара // Ленинградская школа литологии: материалы Всерос. литологического совещания. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2012. – Т. II. – С. 147–149.

2. Лузина Д.В., Кривошеков С.Н. Анализ фациальных зон и коллекторских свойств турнейско-фаменских рифогенных построек Соликамской депрессии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 5. – С. 7–15.

3. Козлова И.А., Путилов И.С., Филькина Н.А. Использование методов литолого-фациального анализа для уточнения геологического строения карбонатных залежей месторождения Соликамской депрессии // Нефтепромышленное дело. – 2010. – № 7. – С. 32–36.

Получено 02.03.2016

**Кочнев Александр Александрович** – студент, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sashakoch93@gmail.com.

**Кривошеков Сергей Николаевич** – доцент кафедры «Геология нефти и газа», горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: krivoshchekov@gmail.com.