



## ПРОБЛЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ АТОВСКОГО ГОРИЗОНТА НИЖНЕ-СРЕДНЕБЕЛЬСКОЙ ПОДСВИТЫ ПО ДАННЫМ ГИС В СКВАЖИНАХ ГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ

Т. С. Мамакова, Д. О. Мамаков, Е. С. Жук

Бельская свита повсеместно распространена на территории Непско-Ботубинской антеклизы и Ангаро-Ленской ступени. В кровле нижне-среднебельской подсвиты выделяется атовский горизонт (А12), состоящий из трещиноватых и кавернозных доломитов с прослоями ангидрито-доломитов и известняков. Изученность горизонта слабая, существуют вопросы о критериях выделения стратиграфических границ и эффективных толщин. Перспективность горизонта установлена в скважинах, пробуренных в 1960-х гг. на Атовско-Балаганкинской площади, по проявлениям УВ и наличию качественных признаков коллекторских свойств. С появлением современных результатов бурения становится очевидным, что выделение коллекторов в атовском горизонте сложно, необходимо не только использование прямых и косвенных качественных и количественных признаков, но и уточнение критериев интерпретации данных ГИС.

**Ключевые слова:** атовский горизонт, пористость, Непско-Ботубинская антеклиза, эффективные толщины.

## RESERVOIR IDENTIFICATION IN THE ATOVO HORIZON OF THE LOWER-MIDDLE BELAYA SUBFORMATION BASED ON WELL LOGGING DATA FROM DEEP WELLS

T. S. Mamakova, D. O. Mamakov, E. S. Zhuk

The Belaya formation extends throughout the Nepa-Botuoba anticline and the Angara-Lena step. In the Lower-Middle Belaya Subformation there is the Atovo horizon (A12) composed of fractured and cavernous dolomites with anhydrite-dolomite and limestone interlayers. The horizon is poorly studied, and the criteria for drawing stratigraphic lines and estimating net thicknesses are undecided. The Atovo horizon potential was established in wells drilled in 1960 at the Atovsko-Balagankinskaya area from HC shows and qualitative indicators of reservoir properties. Current drilling results demonstrate that it is difficult to identify reservoirs in the Atovo horizon, so both application of direct qualitative, indirect and quantitative indicators and updating of well logging interpretation criteria are required.

**Keywords:** Atovo horizon, porosity, Nepa-Botuoba anticline, net thickness.

Малоизученные карбонатные коллекторы межсолевой толщи представляют интерес для современной нефтегазовой геологии, как, например, атовский горизонт, выделяемый в составе бельской свиты, в котором по результатам испытаний Балаганкинских скв. 33, 36 были получены промышленные притоки газа. Бельская свита распространена по всей площади Непско-Ботубинской антеклизы и Ангаро-Ленской ступени. Проницаемые разности составлены карбонатами нижне-среднебельской подсвиты – атовский горизонт (А12). Очень актуальна проблема критериев выделения как границ горизонта, так и эффективных толщин по данным ГИС.

В бельской свите определены три основные литологические толщи: верхне-, средне- и нижнебельская подсвиты. Ввиду однородности состава нижняя и средняя подсвиты объединены.

**Верхнебельская подсвита** сложена чередованием пластов доломитов и каменных солей с прослоями ангидритов, известняков. Пласты солей накапливались в регрессивные этапы трансгрессии моря, вследствие увеличения размеров эвапоритовой ванны из-за отсутствия поступления вод

нормальной солености<sup>1</sup>. Выделение кровли верхнебельской подсвиты по данным ГИС не вызывает затруднений, так как подсвита отделяется от перекрывающих пород булайской свиты по кровле первого пласта соли. Относительно доломитов пласты солей выделяются самыми низкими значениями ГК в разрезе, а по НГК – по повышенному значению вторичного гамма-излучения. По данным механического каротажа пласты солей отмечаются повышенными скоростями проходки (от 7 до 50 м/ч). Кроме того, используется кавернометрия как метод, чувствительный к изменению диаметра скважины, обусловленному размывом солей.

**Нижне-среднебельская подсвита** определяется по подошве последнего пласта соли верхнебельской подсвиты. Начавшаяся ранее (в конце усольского времени) трансгрессия моря на время формирования подсвиты обеспечила интенсивное поступление вод нормальной солености и распреснение бассейна. Такая фаціальная обстановка

<sup>1</sup> **Непско-Ботубинская** антеклиза – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР [Текст] / А. С. Анциферов, В. Е. Бакин, В. Н. Воробьев [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1986. – С. 27, 63, 67.

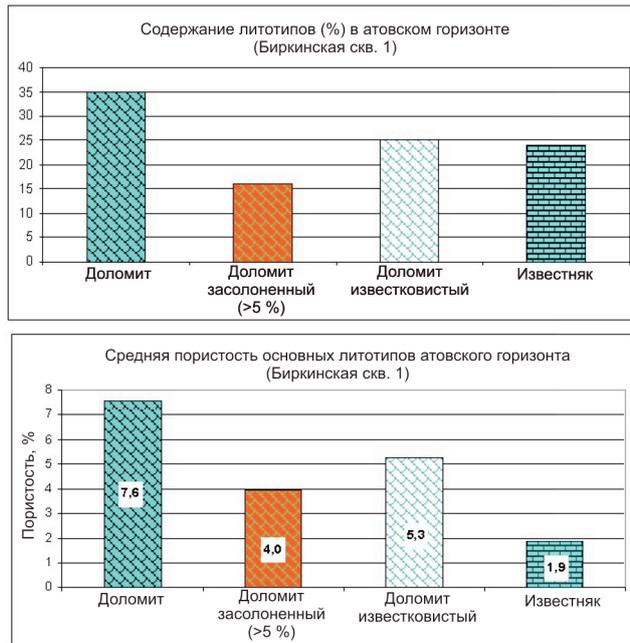


Рис. 1. Характеристика литотипов атовского горизонта Биркинская скв. 1 по керновому материалу

Таблица 1

Данные исследования керна в интервале атовского горизонта

Скважина	Порода	Пористость по керну, %	
		средняя	максимальная
Атовская 1	Доломит	6,5	10,0
Атовская 7	«	6,0	7,0
Биркинская 1	«	12,5	16,5
Биркинская 2	«	7,6	12,0
	Доломит известковистый	5,3	10,6
Биркинская 3	Доломит	7,6	10,0
Биркинская 4	«	8,3	14,0

атовского горизонта представлены в основном доломитами, доломитами известковистыми и доломитами засолоненными и в меньшей степени известняками (рис. 1). Большая часть образцов керна с высокими значениями пористости (5–12,5 %, максимум 16,5 %) приурочена к нижней части атовского горизонта (табл. 1).

Перспективность атовского горизонта в скважинах, пробуренных в 1960-х гг. на Атовско-Бала-

Таблица 2

Признаки наличия коллектора в атовском горизонте в скважинах, пробуренных в 1960-х гг.

Скважина	$H_{эф}$ , м	$K_n$ по НГК, %	Наличие шламовой корки	Сопروتивление КС, Ом·м	Газопоказания	Примечание
1-АТВ	3	2,6–3	Есть	19	Повышенные	Не испытан
2-АТВ	9	3,9–5	«	15–19	Нет данных	«
3-АТВ	5	4,9	«	17	Повышенные	«
7-АТВ*	20	4,7–5,1	«	15–18	Высокие	Дебит газа до 15000 м <sup>3</sup> /сут
8-АТВ	3	Не опр.	«	До 30	Повышенные	Не испытан
9-АТВ	4	«	«	До 30	«	«
1-БЛГ	7	4,2	Нет данных	дд	«	Поглощение промысловочной жидкости в инт. 1440–1501 м
1-БИР	10	2,5	Есть	20–24	Высокие	В инт. 1124–1201 м выброс газа до 10000 м <sup>3</sup> /сут
2-БИР	10,8	2,3	Нет данных	33	«	В инт. 1198–1214 м выброс газа до 1000 м <sup>3</sup> /сут
3-БИР	16	4,9	«	32	Повышенные	Приток воды до 11 м <sup>3</sup> /сут

\* Отмечен куллинг-эффект.

привела к накоплению доломитов и известняков с прослоями ангидритов<sup>1</sup>.

В верхней части подсвиты расположен *атовский* горизонт. Его кровля совпадает с кровлей подсвиты и уверенно определяется, а выделить подошву по данным ГИС трудно, поскольку часто она не имеет характерных особенностей. Ее традиционно фиксируют ниже условного репера. По немногочисленным результатам исследований керна материала можно сделать вывод, что коллекторы

ганкинской площади, установлена по проявлениям УВ и наличию качественных признаков коллекторских свойств. Комплекс каротажа в этих скважинах состоял из кривых КС, кавернометрии, РК (частично). В табл. 2 приведены примеры качественных признаков наличия коллектора в атовском горизонте. В скважинах, где отмечались газопоявления, установлено сужение до 3–5 мм диаметра скважины со шламовыми корками, что свидетельствует о наличии коллектора с межзерновой емкостью: уменьшение сопротивления в пластах, обладающих коллекторскими свойствами, по срав-

<sup>1</sup> Там же.

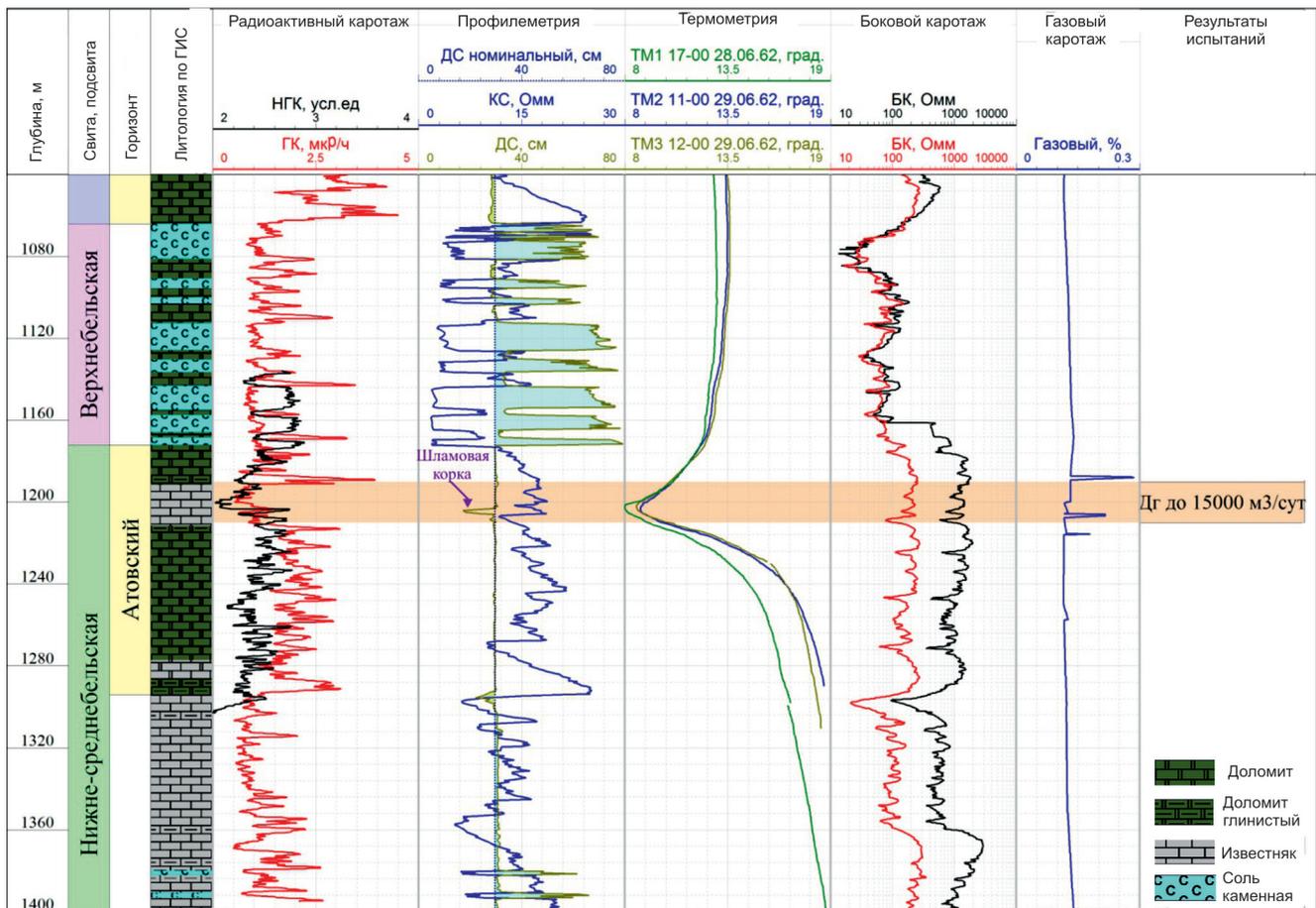


Рис. 2. Характеристика бельской свиты по данным ГИС в Атовской скв. 7

Таблица 3

Признаки наличия коллектора в атовском горизонте в скважинах, пробуренных в 2012–2014 гг.

№ скв.	$H_{эф}$ , м	Сопротивление КС, Ом·м	Газопоказания	$K_n$ АК, %	Примечания
33-БЛГ	7	17	Повышенные	5,6–7,7	Дебит газа до 150000 м³/сут
36-БЛГ	24,8	72–128	Фоновые значения	5,0–8,0	Дебит газа до 93000 м³/сут
37-БЛГ	48,0	107–370	«	5,3–6	Проводятся испытания

Примечание.  $K_n$  по НГК не определено; шламовой корки нет.

нению с вмещающими породами, а также увеличение газопоказаний по сумме горючих. Кроме того, в Атовской скв. 7, где получен дебит газа до 15000 м³/сут, по материалам термометрии зафиксирован куллинг-эффект (рис. 2).

На современном этапе бурения Атовско-Балаганкинской площади проведен полный комплекс ГИС (рис. 3). В Балаганкинских скв. 36, 37 установлены промышленные притоки газа. Пористость рассчитывалась по уравнению среднего времени с использованием АК, к испытанию рекомендовались интервалы, где она выше 5 %. Оценить  $K_n$  по НГК трудно из-за сложностей с выбором опорных горизонтов.

Качественных признаков коллектора (наличие шламовой корки, снижение сопротивления на диаграммах БК, КС) не установлено (табл. 3). Однако после проведения гидроразрыва в некоторых интервалах, установленных по количественным признакам ( $K_n > 5 \%$ ), получены притоки газа.

Из сказанного можно сделать вывод, что коллекторы атовского горизонта обладают диагностическими признаками по крайней мере двух видов:

1. Коллекторы с качественными признаками, выявленные в скважинах 1960 г.: сужение диаметра скважины со шламовыми корками до 3–5 мм, снижение сопротивления на электрокаротажных диаграммах. Из-за отсутствия АК в то время нет возможности дать количественную оценку акустической пористости.

2. Коллекторы с количественными признаками, выявленные по результатам бурения на Атовско-Балаганкинской площади в 2011–2014 гг.: пористость по акустическому каротажу выше 5 %. Породы, как правило, имеют низкую гамма-активность, интервальное время 160–185 мкс/м, на кривых НГК увеличено водородосодержание. Кроме того, отсутствуют характерные для 1-й группы прямые признаки наличия коллектора.

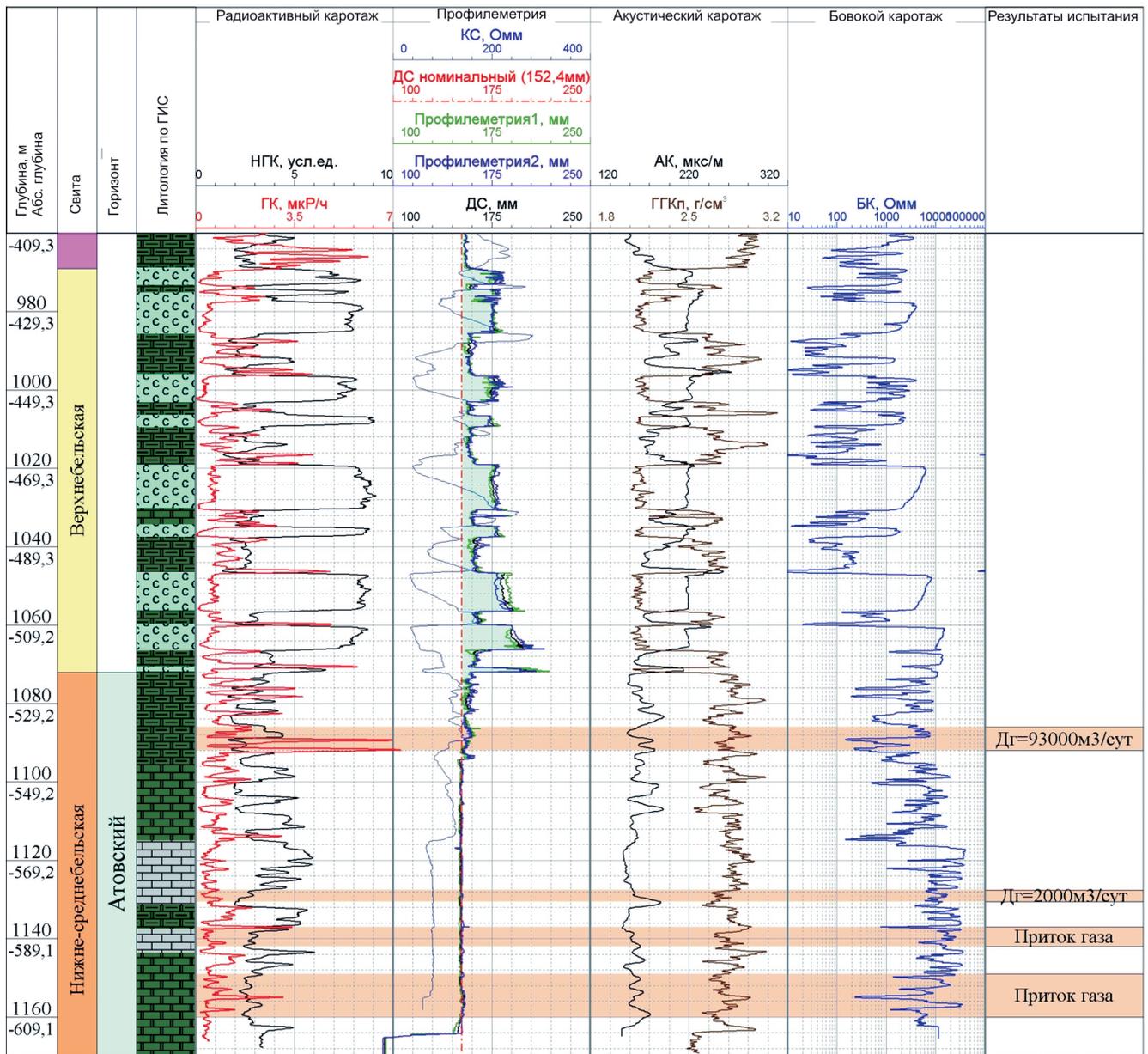


Рис. 3. Характеристика бельской свиты по данным ГИС в Балаганкинской скв. 36

Усл. обозн. см. на рис. 2

Следует отметить, что современные результаты бурения Балаганкинских скв. 33, 36, 37, безусловно, в целом повышают перспективы нефтегазоносности атовского горизонта на Ангаро-Ленской ступени. Во многих скважинах, пробуренных ранее, без наличия прямых признаков УВ насыщения, атовский горизонт не испытывал

ся, но в настоящее время становится очевидным, что выделение коллекторов в атовском горизонте неоднозначно, и требует использования полного комплекса ГИС, прямых качественных и косвенных количественных критериев, разработки петрофизической основы для интерпретации материалов ГИС.

© Т. С. Мамакова, Д. О. Мамаков, Е. С. Жук, 2015

МАМАКОВА Татьяна Сергеевна, «Иркутское геофизическое подразделение» ОАО «Росгеология», Иркутск, вед. геолог. E-mail: tanyamamakova@mail.ru

МАМАКОВ Денис Олегович, ОАО «АтлантБурСервис», Якутск, нач. геол. отдела. E-mail: mamakovdo@atlant-drilling.ru

ЖУК Екатерина Сергеевна, ОАО «Верхнечонскнефтегаз», Иркутск, вед. геолог. E-mail: eszhuk@rosneft.ru

МАМАКОВА Tatiana, "Irkutskoye geofizicheskoye podrazdeleniye" ОАО "Rosgeologiya", Irkutsk, Russia. E-mail: tanyamamakova@mail.ru

МАМАКОВ Denis, ОАО "AtlantBurServis", Yakutsk, Russia. E-mail: mamakovdo@atlant-drilling.ru

ZHUK Ekaterina, ОАО "Verkhnechonskneftegaz", Irkutsk, Russia. E-mail: eszhuk@rosneft.ru