

# КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ

УДК 553.98:550.832(571)

**А.Е. Рыжов, А.И. Крикунов, Л.А. Филиппова, Н.Ю. Канунникова**

## Результаты уточнения положения границ ботуобинского продуктивного горизонта на Северном блоке Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения

На северо-восточной периферии Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ), которое находится в юго-западной части Республики Саха (Якутия), в пределах его Северного тектонического блока наряду с поисковыми и разведочными скважинами расположен ряд эксплуатационных скважин: 1-ОЦ, 2-ОЦ, 1-ГР и т.д. Все они пробурены до ботуобинского продуктивного горизонта терригенного венда. Кровля продуктивного горизонта в скв. 1-ОЦ, как это принимается на сегодняшний день, отбита на глубине 1834,8 м (рис. 1). Подошву горизонта проводят на глубине 1859,6 м.

По данным геофизических исследований скважин (ГИС), породы-коллекторы ботуобинского продуктивного горизонта в скв. 1-ОЦ залегают в интервале глубин 1835,2–1856,3 м, а в интервале 1834,8–1859,6 м выделяют стратиграфические границы самого горизонта. Получается, что кровля ботуобинских песчаников расположена на 0,4 м выше кровли газонасыщенных пород-коллекторов, а подошва горизонта находится на 3,3 м ниже границы водонасыщенных пород-коллекторов там, где на каротажных диаграммах отчетливо наблюдается подошва небольшого по мощности пропластка средне-мелкозернистого ангидритизированного песчаника (см. рис. 1). Таким образом, ботуобинский горизонт на своей верхней границе имеет бюксские карбонатные отложения (преимущественно ангидритизированные доломиты), а нижней границей для него служит подошва последнего перед верхнепаршинскими аргиллитами маломощного песчаного прослоя.

Метрах в трехстах к северо-востоку от скв. 1-ОЦ в 1993 г. пробурена скв. 321-34 (рис. 2). Ботуобинский продуктивный горизонт выделен в ней в интервале глубин 1832,3–1854,0 м. Эти глубины полностью совпадают с границами распространения пород-коллекторов, что несколько отличает данную скважину от скв. 1-ОЦ.

Чтобы установить различия или же найти то общее, что объединяет эти две скважины, составлена схема корреляции с использованием принятых на сегодняшний день данных по расчленению разрезов скважин (рис. 3). На диаграммах акустического и плотностного каротажа кровля ботуобинского горизонта отбивается в обеих скважинах достаточно уверенно. Что же касается подошвы ботуобинского продуктивного горизонта, который якобы залегают на верхнепаршинских породах с размывом, то тут наблюдается совсем иная картина. Если в скв. 1-ОЦ подошва горизонта проводится в основании плотных непроницаемых ангидритизированных песчаников на глубине 1859,6 м, то в скв. 321-34 ее располагают на глубине 1854,0 м в основании водонасыщенных пород-коллекторов. Это на 3,5 м выше подошвы того же песчаного пропластка, который служит нижней границей ботуобинского горизонта в скв. 1-ОЦ. Что же в таком случае положено в основу определения местоположения в разрезах скважин нижней границы ботуобинского продуктивного горизонта? Литологический

### Ключевые слова:

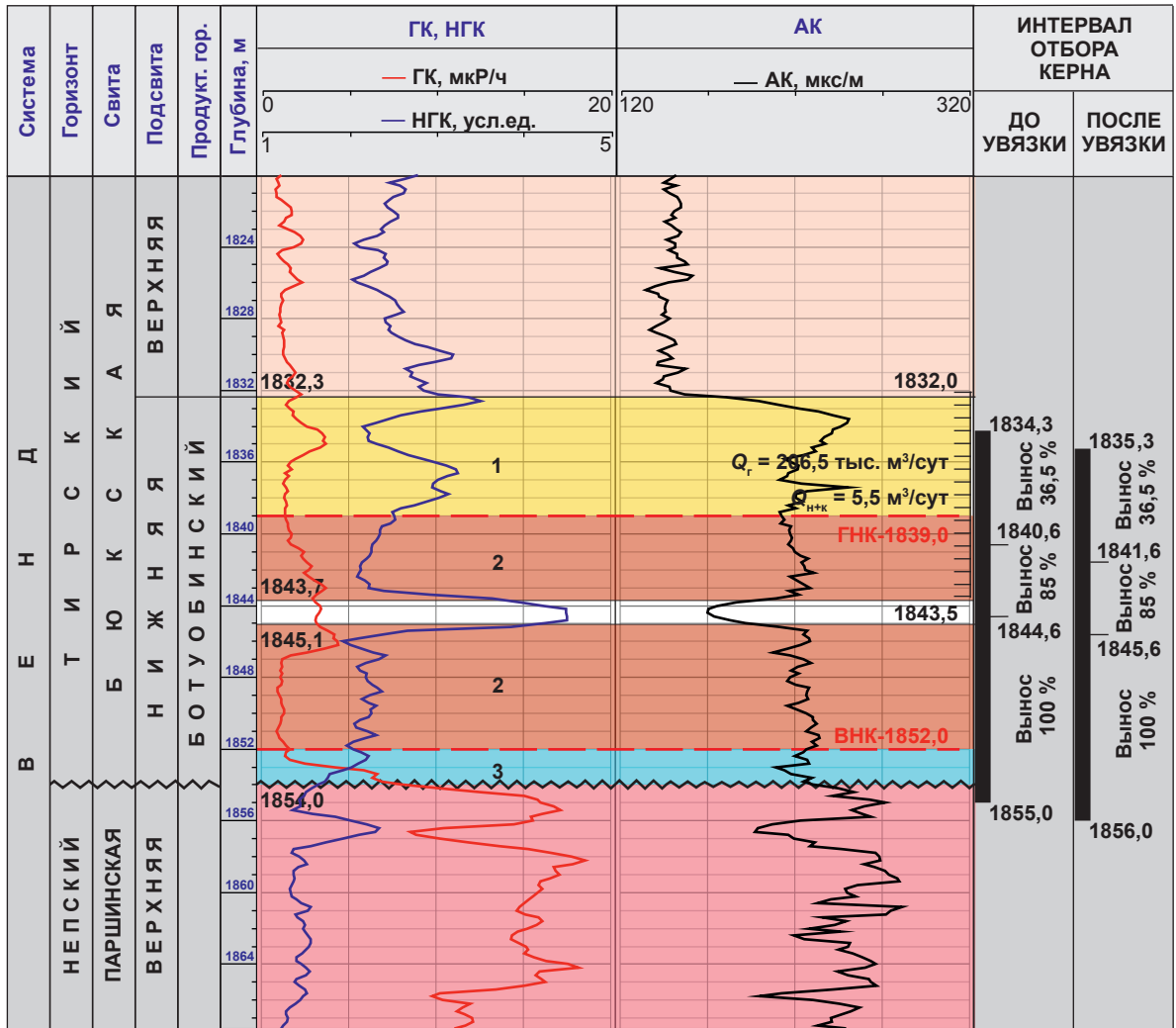
скважина, месторождение, седиментация, размыв, горизонт, корреляция, репер.

### Keywords:

well, field, sedimentation, fluid wash, horizon, correlation, reference mark.



СКВ. 321-34



поверхность размыва

1832,0  
1843,5

интервалы опробования

- отложения верхнебюжской подсвиты
- отложения верхнепаршинской подсвиты
- отсутствие пород-коллекторов в ботубобинском продуктивном горизонте

**ГНК-1839,0** газожидкостные контакты  
**ВНК-1852,0**

Флюидонасыщение пород-коллекторов ботубобинского продуктивного горизонта:

- 1 газонасыщенная порода
- 2 нефтенасыщенная порода
- 3 водонасыщенная порода

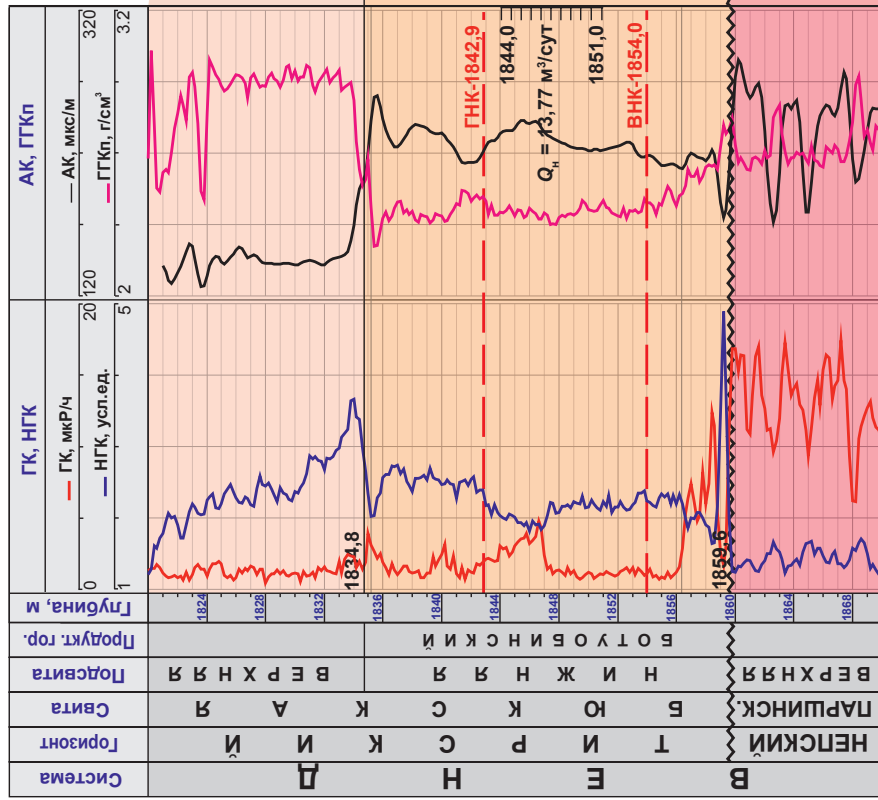
Рис. 2. Чаяндинское НГКМ. Принятая на сегодняшний день промышленно-геофизическая характеристика ботубобинского продуктивного горизонта в скв. 321-34:

$Q_g$  – дебит газа;  $Q_{н+к}$  – дебит нефти и конденсата

ботубобинским горизонтом находилась поверхность размыва. Результаты изучения кернового материала, отобранного в последние годы из нескольких десятков скважин, свидетельствуют об отсутствии в низах ботубобинского продуктивного горизонта каких бы то ни было грубообломочных отложений, свойственных

началу нового цикла седиментации, который следует за перерывом в осадконакоплении. Наоборот, в низах ботубобинского горизонта наблюдается закономерное и постепенное замещение песчаников на алевролиты, а затем алевролитов – на верхнепаршинские аргиллиты. Отсутствие размыва важно еще и по той

СКВ. 1-ОЦ



~~~~~ поверхность размыва  
 1844,0  
 ~~~~~ интервалы опробования  
 1851,0

ГНК-1842,9  
 ВНК-1854,0

газожидкостные контакты

~~~~~ отложения верхнебюкской подсвиты  
 ~~~~~ отложения верхнепаршинской подсвиты  
 ~~~~~ отложения ботубинского продуктивного горизонта

СКВ. 321-34

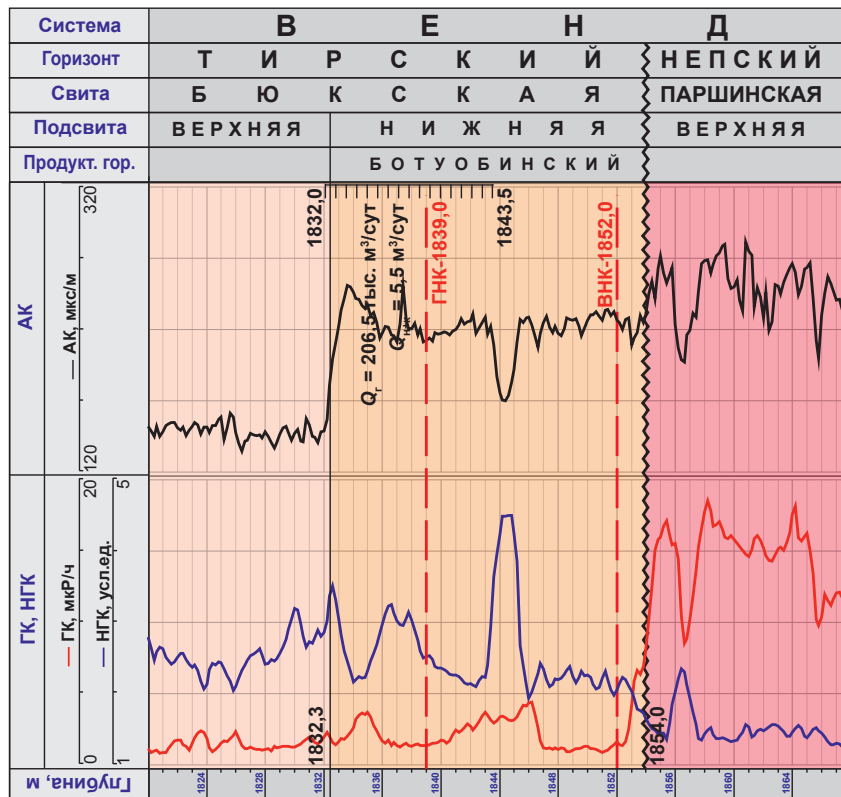


Рис. 3. Чаяндинское НГКМ. Принятая на сегодняшний день схема корреляции по линии скв. 1-ОЦ и 321-34

причине, что именно с перерывами в осадконакоплении в древних толщах сопоставляют стратиграфические границы [5, 6]. Если же под ботубинскими песчаниками поверхности размыва нет, значит надо менять местоположение границ непского и тирского стратиграфических горизонтов, а следовательно, и границ нижнего и верхнего венда. Отсутствие перерыва в осадконакоплении перед началом отложения ботубинских песчаников и, наоборот, его наличие перед формированием карбонатных отложений бюксской свиты, как уже было ранее показано, является основанием для того, чтобы важную стратиграфическую границу перенести именно сюда – в основание карбонатной толщи. В этом случае изменится геологическая модель месторождения, исчезнет необходимость показывать в отдельных скважинах вместо ботубинского продуктивного горизонта наличие некой «ботубинской толщи», представленной ангидритизированными доломитами и являющейся на самом деле частью бюксских карбонатов верхнего венда. Корреляционные схемы примут адекватный вид, а толщина ботубинского горизонта перестанет резко и непредсказуемо меняться от скважины к скважине.

Рассмотрим разрез скв. 1-ОЦ через призму предлагаемых стратиграфических преобразований (рис. 4). В таком случае поверхность размыва из-под ботубинских песчаников, которые, скорее всего, представляют собой завершающую, регрессивную часть верхнепаршинской подсвиты непского стратиграфического горизонта, переместится на границу между карбонатными и терригенными отложениями венда. В скв. 1-ОЦ эта граница, по данным изучения керна, который полностью освещает отложения ботубинского продуктивного горизонта, находится на глубине 1833,6 м: там, где и начинаются насыщенные природным газом породы-коллекторы. Отложения, характеризующиеся повышенными емкостными и фильтрационными свойствами, простираются вниз по разрезу скважины вплоть до глубины 1858,22 м. Ниже этой границы в верхнепаршинской подсвите породы-коллекторы полностью отсутствуют, как отсутствуют они и в прослое ангидритизированного песчаника, в подошве которого на глубине 1859,6 м сегодня проводят нижнюю границу ботубинского продуктивного горизонта.

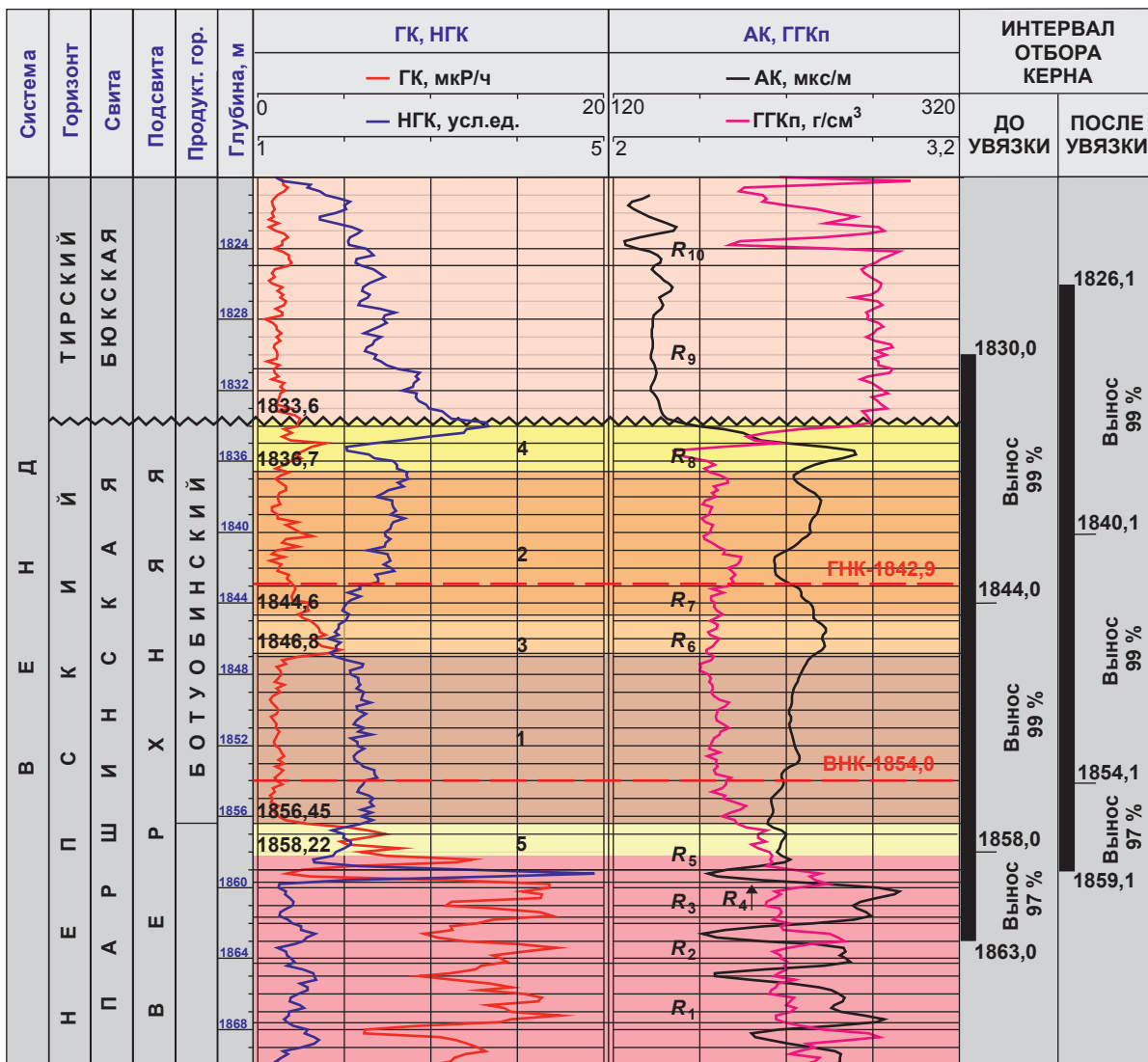
При детальном расчленении верхнепаршинских и частично бюксских отложений

выделено десять дополнительных реперных горизонтов ( $R_1, R_2, R_3$  и т.д.). Нижняя граница ботубинского продуктивного горизонта в скв. 1-ОЦ (см. рис. 4) расположена авторами с учетом литологического и промыслово-геофизического критериев, а именно на глубине 1856,45 м, т.е. там, где, согласно данным изучения керна, песчаники начинают замещаться аргиллитами. В таком случае газонасыщенные породы-коллекторы в этой скважине заполняют не только весь ботубинский продуктивный горизонт, но и, перешагнув через его нижнюю границу, распространяются до глубины 1858,22 м в верхнепаршинских аргиллитах, что, естественно, кажется нелогичным.

Попробуем проанализировать, в какой последовательности залегают вскрытые скважиной высокочемкие отложения и есть ли в этом распределении какая-либо закономерность. В зависимости от фильтрационно-емкостных свойств, определенных в атмосферных условиях, все породы-коллекторы можно разделить на пять довольно четко отличающихся друг от друга групп: лучшие, хорошие, средние, худшие и наихудшие (см. рис. 4). Лучшие и хорошие породы-коллекторы, которые по классификации А.А. Ханина относятся к I классу, характеризуются наименьшим количеством примесей (доломитов, глин и т.д.) и тяготеют к центральной части ботубинских песчаников. Средние и худшие породы-коллекторы (III класс по классификации А.А. Ханина) расположены в самом центре ботубинского горизонта (где появляется заглинизированный пропласток между реперами  $R_6-R_7$ ) и в его прикровельной части (выше репера  $R_8$ ), где значительно увеличивается присутствие ангидритизированных и доломитизированных песчаников. Но наихудшие породы-коллекторы, которые можно отнести лишь к IV классу, залегают в самом низу, где среди ботубинских песчаников начинают появляться не гравелиты, не конгломераты или брекчия, свидетельствующие о наличии перерыва в осадконакоплении, а линзы и прослой глинистых алевролитов и алевролитов аргиллитов.

Для того чтобы точно установить, какие факторы могут служить объективным критерием при определении границы ботубинского продуктивного горизонта, составлена еще одна корреляционная схема с привлечением тех же скважин 1-ОЦ и 321-34 (рис. 5). Верхняя граница проведена в обеих скважинах

СКВ. 1-ОЦ



поверхность размыва  
 $R_1, R_2, \dots$  индексация дополнительных синхронных реперных горизонтов

**ГНК-1842,9**  
**ВНК-1854,0** газожидкостные контакты

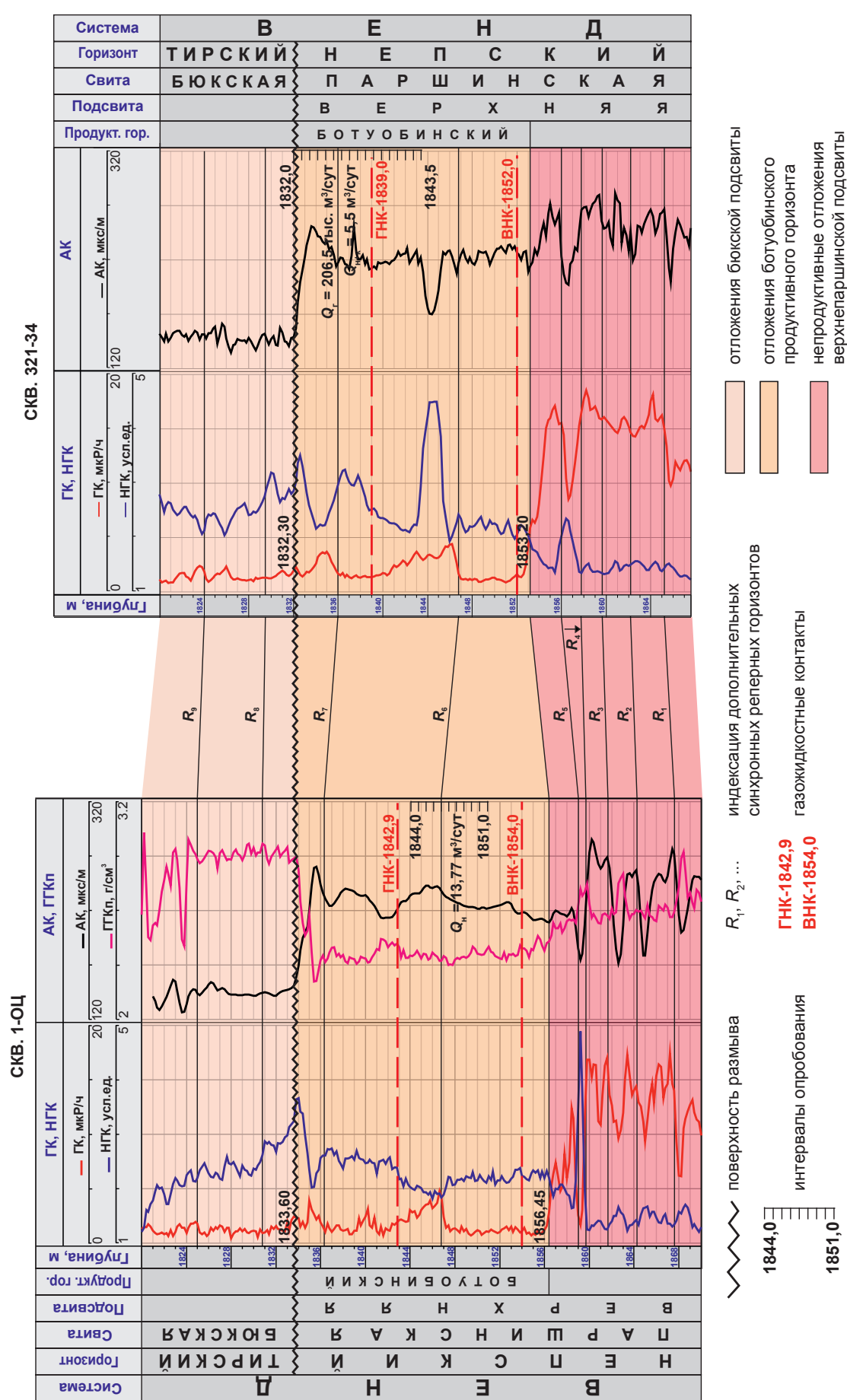
**1830,0**  
**1863,0** интервал отбора керна

отложения бюксской свиты  
 непродуктивные отложения верхнепаршинской подсвиты

Свойства пород-коллекторов ботубинского продуктивного горизонта и верхнепаршинской подсвиты (определенные по керну) в атмосферных условиях:

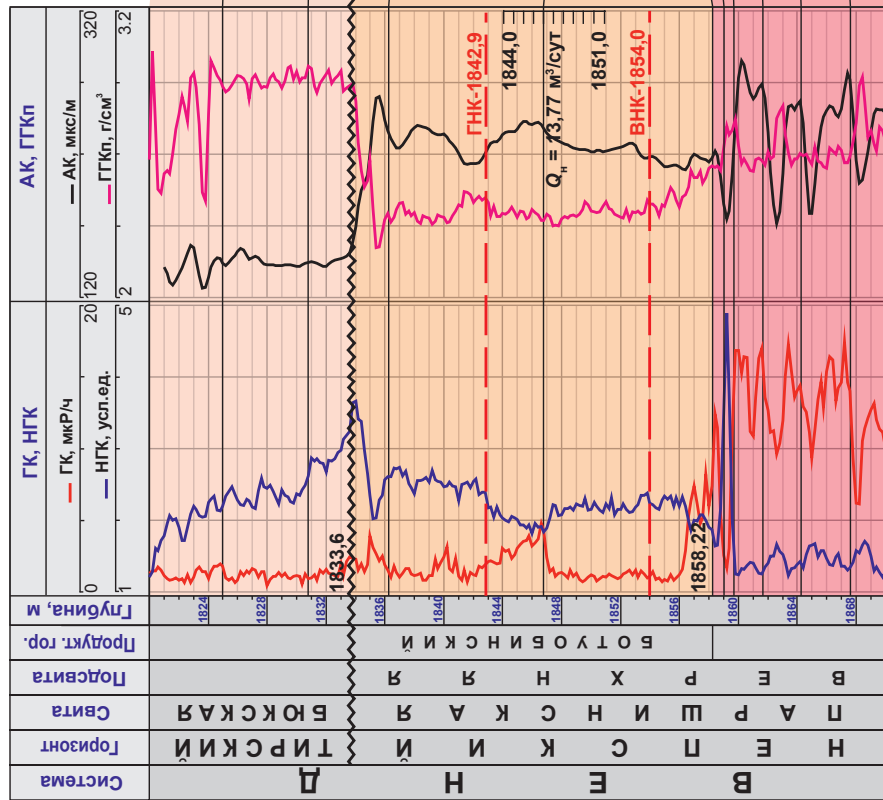
- 1** лучшая порода-коллектор ( $K_{п.ср} = 18 \%$ ,  $K_{пр.ср} = 2285,3$  мД)
- 2** хорошая порода-коллектор ( $K_{п.ср} = 16,9 \%$ ,  $K_{пр.ср} = 1307,3$  мД)
- 3** средняя порода-коллектор ( $K_{п.ср} = 19,6 \%$ ,  $K_{пр.ср} = 432,3$  мД)
- 4** худшая порода-коллектор ( $K_{п.ср} = 16,6 \%$ ,  $K_{пр.ср} = 319,4$  мД)
- 5** наихудшая порода-коллектор ( $K_{п.ср} = 9,4 \%$ ,  $K_{пр.ср} = 39,9$  мД)

Рис. 4. Чагинское НГКМ. Детальное расчленение и фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов ботубинского продуктивного горизонта в скв. 1-ОЦ, определенные в атмосферных условиях:  $K_{п.ср}$  – средний коэффициент пористости;  $K_{пр.ср}$  – средний коэффициент проницаемости

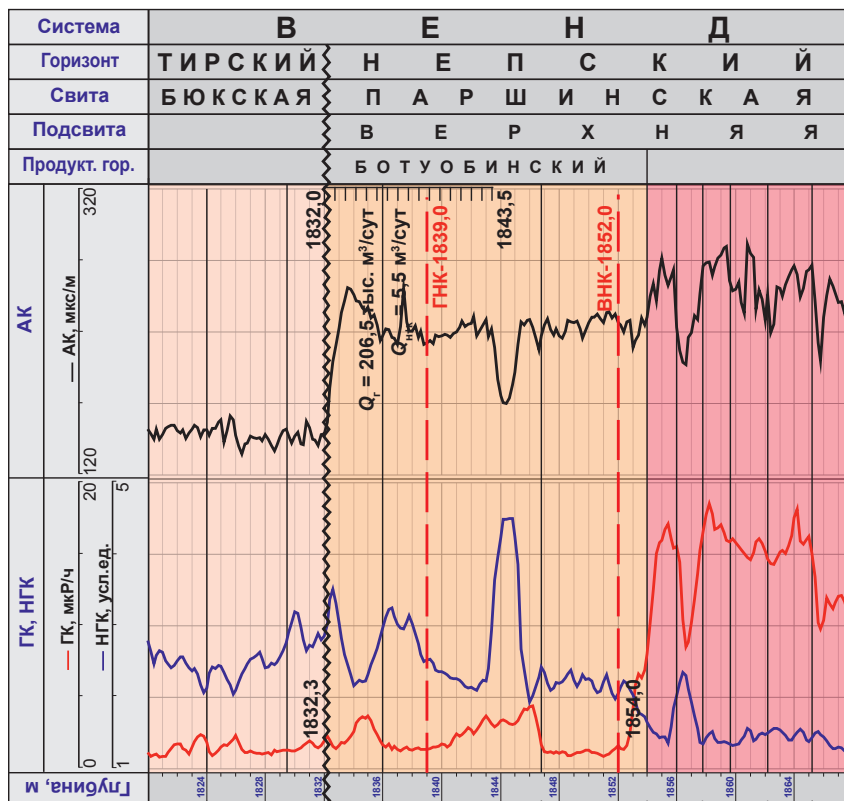




СКВ. 1-ОЦ



СКВ. 321-34



- отложения бюкской подсвиты
- отложения ботубинского продуктивного горизонта
- непродуктивные отложения верхнепаршинской подсвиты

- $R_1, R_2, \dots$  индексация дополнительных синхронных реперных горизонтов
- газожидкостные контакты

- поверхность размыва
- интервалы опробования
- 1844,0
- 1851,0

Рис. 6. Чаиндинское НГКМ. Предлагаемая схема корреляции по линии скв. 1-ОЦ, 321-34



там, где буюские ангидритизированные доломиты замещаются на терригенные отложения, обладающие к тому же коллекторскими свойствами. Нижняя граница принята по появлению в разрезах скважин заглинизированных пород на глубинах 1856,45 и 1853,20 м соответственно. Не трудно убедиться в том, что в скв. 321-34 можно выделить по тем же физическим признакам аналогичные десять синхронных реперных горизонтов, что были ранее выделены в скв. 1-ОЦ. Меняться будут лишь толщины некоторых пропластков, заключенные между реперами. Все реперы отвечают литологическим условиям, а именно: они проведены в местах замещения одних литотипов пород другими. Иначе говоря, нижняя граница ботубинского горизонта вполне может быть помещена в скв. 1-ОЦ на глубину 1856,45 м, а в скв. 321-34 – на глубину 1853,20 м. Но тут вступает в противоречие с подобным выводом пространственное положение пород-коллекторов. В скв. 1-ОЦ они, по данным изучения керна, залегают до глубины 1858,22 м (см. рис. 4). В скв. 321-34 породы-коллекторы распространяются до глубины 1854,0 м (см. рис. 2), т.е. часть отложений, характеризующихся повышенными фильтрационно-емкостными свойствами, будет находиться ниже и вне ботубинского продуктивного горизонта. Данное сопоставление разрезов скважин представляется, безусловно, ошибочным.

Можно провести нижнюю границу ботубинского продуктивного горизонта в скв. 1-ОЦ по реперу  $R_4$  на глубине 1859,6 м в подошве песчаного пропластка, как это принято на сегодняшний день (см. рис. 1, 3). Тогда согласно корреляционной схеме (см. рис. 5) в скв. 321-34 подошва ботубинского продуктивного горизонта должна находиться на глубине около 1858 м, где среди верхнепаршинских аргиллитов расположен тот же песчаный пропласток (репер  $R_4$ ), что и в скв. 1-ОЦ, а это будет выглядеть довольно странно. Тем более что, следуя такой логике, любой песчаный пропласток, выявленный в верхнепаршинской подсвите, можно принимать за подошву ботубинского продуктивного горизонта.

Если место искомой границы в разрезах скважин нельзя определить ни по появлению заглинизированных пород, ни по подошве последнего и ниже всех расположенного

песчаного пропластка, то попробуем добиться положительного результата, анализируя пространственное положение пород-коллекторов. На рис. 6 нижняя граница ботубинского продуктивного горизонта проведена по подошве высокочемких отложений. В скв. 1-ОЦ эта граница расположена на глубине 1858,22 м, а в скв. 321-34 – на глубине 1854,00 м. Изменение толщины пропластка, заключенного между этой границей и дополнительным синхронным репером  $R_5$ , легко аргументированно объяснить. В зависимости от тектонической составляющей, а следовательно, от различных структурно-фациальных условий седиментации, имеющих место в разных районах Непско-Пеледуйского свода, включая и территорию Чаюдинского месторождения, процесс осадконакопления шел неодинаково. В то время как в пониженных участках отлагались глинистые осадки, на возвышенных местах формировались песчаные отложения, в дальнейшем в силу благоприятных коллекторских свойств ставшие вмещающим полезным ископаемым. Именно поэтому границы ботубинского продуктивного горизонта и стратиграфические границы паршинской свиты могут не совпадать, как это часто и наблюдается в скважинах. Ботубинский продуктивный горизонт следует воспринимать как пласт-коллектор, занимающий прикровельный интервал верхнепаршинской подсвиты и представляющий собой заключительную регрессивную часть седиментационного цикла, основанием которого служит подошва пласта ХМ1 хамакинского продуктивного горизонта.

\*\*\*

Резюмируя все изложенное ранее, следует лишний раз подчеркнуть, что терригенный ботубинский продуктивный горизонт не является последовательным продолжением карбонатных отложений буюской свиты. Между ними, по данным керна материала, залегает поверхность размыва, которую с большой долей уверенности можно принимать за границу между непским и тирским стратиграфическими горизонтами, а значит, и между нижним и верхним вендом. Кровля ботубинских пород-коллекторов может не совпадать с верхней границей паршинской свиты, а в подошве продуктивного горизонта, по данным изучения керна, поверхность какого-либо размыва отсутствует.

## Список литературы

1. Семёнов Е.О. Определение местоположения нижней границы ботубинского горизонта на Чайндинском месторождении / Е.О. Семёнов, А.И. Крикунов, Н.Ю. Канунникова // Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов: сб. науч. ст. / под ред. Б.А. Григорьева. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2010. – С. 59–70. – (Вести газовой науки).
2. Рыжов А.Е. Уточнение геологической модели Чайндинского нефтегазоконденсатного месторождения / А.Е. Рыжов, А.И. Крикунов, Л.А. Рыжова и др. // Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов: сб. науч. ст. Ч. 1 / под ред. Б.А. Григорьева. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. – С. 132–145. – (Вести газовой науки).
3. Рыжов А.Е. Уточнение пространственного положения нижней границы ботубинского продуктивного горизонта на Чайндинском нефтегазоконденсатном месторождении / А.Е. Рыжов, А.И. Крикунов, Л.А. Рыжова и др. // Каротажник / под ред. Ю.И. Кузнецова. – 2012. – Вып. 2 (212). – С. 27–41.
4. Рыжов А.Е. Уточнение положения границы между нижнебюкской и верхнебюкской подсвитами Чайндинского НГКМ с привлечением литологических, промыслово-геофизических и сейсмических критериев / А.Е. Рыжов, А.И. Крикунов, Л.А. Рыжова и др. // Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов: сб. науч. ст. / под ред. Б.А. Григорьева. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. – С. 161–173. – (Вести газовой науки).
5. Решения IV Межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. – Новосибирск, СНИИГТиМС, 1989. – 64 с.
6. Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. – Вып. 38. – 129 с.