



СЕДИМЕНТОЛОГИЯ ВЕНДСКИХ СИЛИКОКЛАСТИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Е. М. Хабаров, О. Д. Николенко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

Выяснены состав, строение и обстановки формирования силикокластических отложений венда на северо-востоке Непско-Ботуобинской антеклизы. На примере скважины, пробуренной с практически полным отбором керна в нижней силикокластической части венда, прослежена эволюция обстановок седиментации от континентальных (нижняя подсвита курсовской свиты) до морских среднего и глубокого шельфа (верхняя часть курсовской свиты). Песчаники нижнебюкской подсвиты (ботуобинский горизонт) генетически связаны с нижележащими аргиллитами курсовской свиты и представляют собой отложения крупной баровой системы, которая по классической схеме проградировала в сторону более глубоководной части бассейна. Это подтверждается материалами изучения разрезов других скважин. Полученные результаты показывают, что в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы (Среднеботуобинское месторождение) нет явных седиментационных признаков регионального перерыва в основании бюкской свиты и между подсвитами курсовской свиты.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Непско-Ботуобинская антеклиза, терригенный венд, седиментология, региональные перерывы.

SEDIMENTOLOGY OF VENDIAN SILICOCLASTIC DEPOSITS OF THE NORTH-EASTERN NEPA-BOTUOBA ANTECLISE

E. M. Khabarov, O. D. Nikolenko

A. A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

The composition, structure and environments of formation of Vendian silicoclastic deposits in the north-eastern Nepa-Botuoba antecline have been explored. Using the example of the well drilled with almost complete core sampling in the lower silicoclastic part of the Vendian, the evolution of sedimentation environments from the continental (the lower subformation of the Kursov Formation) to the marine ones of middle and deep shelf (the upper part of the Kursov Formation) is unravelled. Sandstones of the Lower Byuk subformation (Botuoba horizon) are genetically related to the underlying mudstones of the Kursov Formation and represented by deposits of large bar system which has progressed to the deeper part of the basin (according to the classical scheme). This is confirmed by the study materials of sections of other wells. The obtained results show that there are no obvious sedimentological features of regional hiatus in the base of the Byuk Formation and between subformations of the Kursov Formation in the north-eastern part of the Nepa-Botuoba antecline (Srednebotuobinskoe field).

Keywords: Siberian Platform, Nepa-Botuoba antecline, terrigenous Vendian, sedimentology, regional breaks.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-79-87

Непско-Ботуобинская антеклиза (НБА) на юге Сибирской платформы в настоящее время является наиболее изученным и перспективным нефтегазоносным регионом [3, 4, 6 и др.] (рис. 1). В стратиграфических схемах нефтегазоносных отложений венда и нижнего кембрия НБА, представленных в нижней части силикокластическими образованиями, а в верхней – карбонатно-эвапоритовыми, большое значение придается крупным региональным перерывам, которые, по существу, создают основу для корреляции свит и продуктивных горизонтов. В частности, ботуобинский продуктивный горизонт согласно принятым схемам расчленения отделен от ниже- и вышележащих отложений поверхностями перерыва [3, 4, 6 и др.].

В последние десятилетия в результате геологоразведочных работ в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы (Мирнинский выступ) получен очень качественный керновый материал,

который позволяет проводить детальные седиментологические работы. Разноплановое изучение керна разными методами (от ультрамикроскопического до макроскопического) совместно с анализом ГИС нескольких скважин показало, что в основании ботуобинского горизонта в явном виде не фиксируются признаки продолжительного перерыва [1, 2, 5 и др.]. На примере скважины, пробуренной в восточных блоках Среднеботуобинского месторождения, приведем результаты комплексного изучения керна с реконструкцией обстановок седиментации и выяснением основного тренда в развитии вендского бассейна на этой территории.

Геологическая обстановка и стратиграфия

В пределах НБА выделяются две крупные пологительные структуры: Непский свод и Мирнинский выступ, расположенный в северо-восточной части антеклизы (см. рис. 1). Они, в свою очередь,

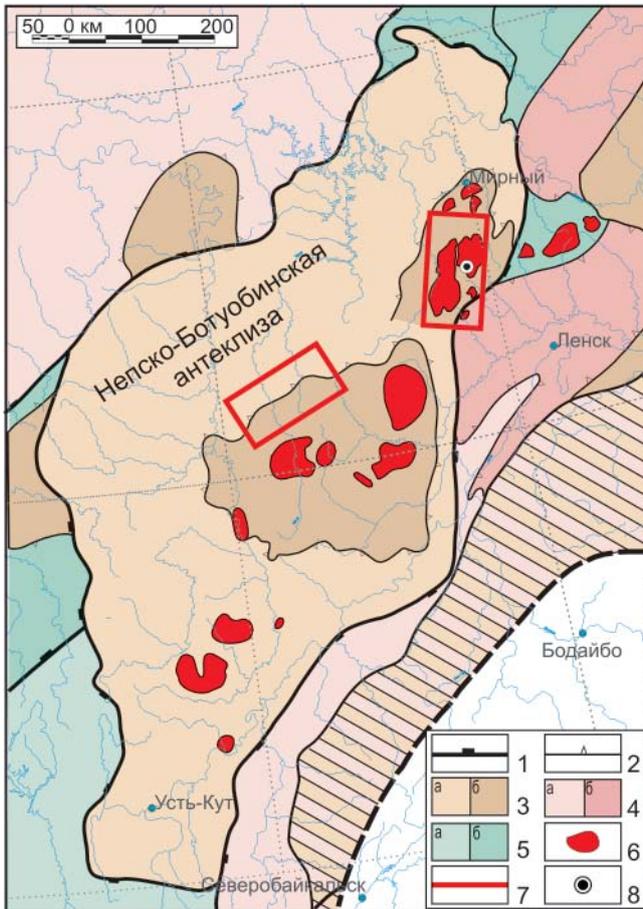


Рис. 1. Обзорная карта (по [4]) и районы исследований
 1, 2 – контуры структур: 1 – надпорядковых, 2 – I порядка; 3–5 – пликативные структуры (а – надпорядковые, б – I порядка): 3 – положительные, 4 – отрицательные, 5 – промежуточные; 6 – месторождения; 7 – районы исследований; 8 – скважина

разделяются на структуры более мелкого порядка, нередко дизъюнктивными нарушениями северо-восточного простирания. В частности, на Мирнинском выступе фиксируется Тас-Юряхская структура с известным Среднеботубинским месторождением. В разрезе венда выделяются курсовская, бюкская, успунская, кудулахская (венд) и юряхская (нерасчлененный венд – кембрий) свиты [3, 4, 6]. Выше залегают кембрийские и ордовикские образования.

Курсовская свита с несогласием залегает на архей-нижнепротерозойском фундаменте. В нижней части она представлена крупнозернистыми силикокластическими отложениями, которые вверх по разрезу постепенно сменяются преимущественно аргиллитами верхнекурсурской подсвиты. Для нижней подсвиты бюксской свиты (ботубинский продуктивный горизонт) характерны песчаники, которые перекрываются карбонатно-эвапоритовыми отложениями верхнебюксской подсвиты. В основании бюксской свиты, ее верхней подсвиты, а также в основании успунской свиты обычно указываются перерывы в осадконакоплении [3, 4, 6]. Нижняя силикокластическая часть венда в разрезе скважины,

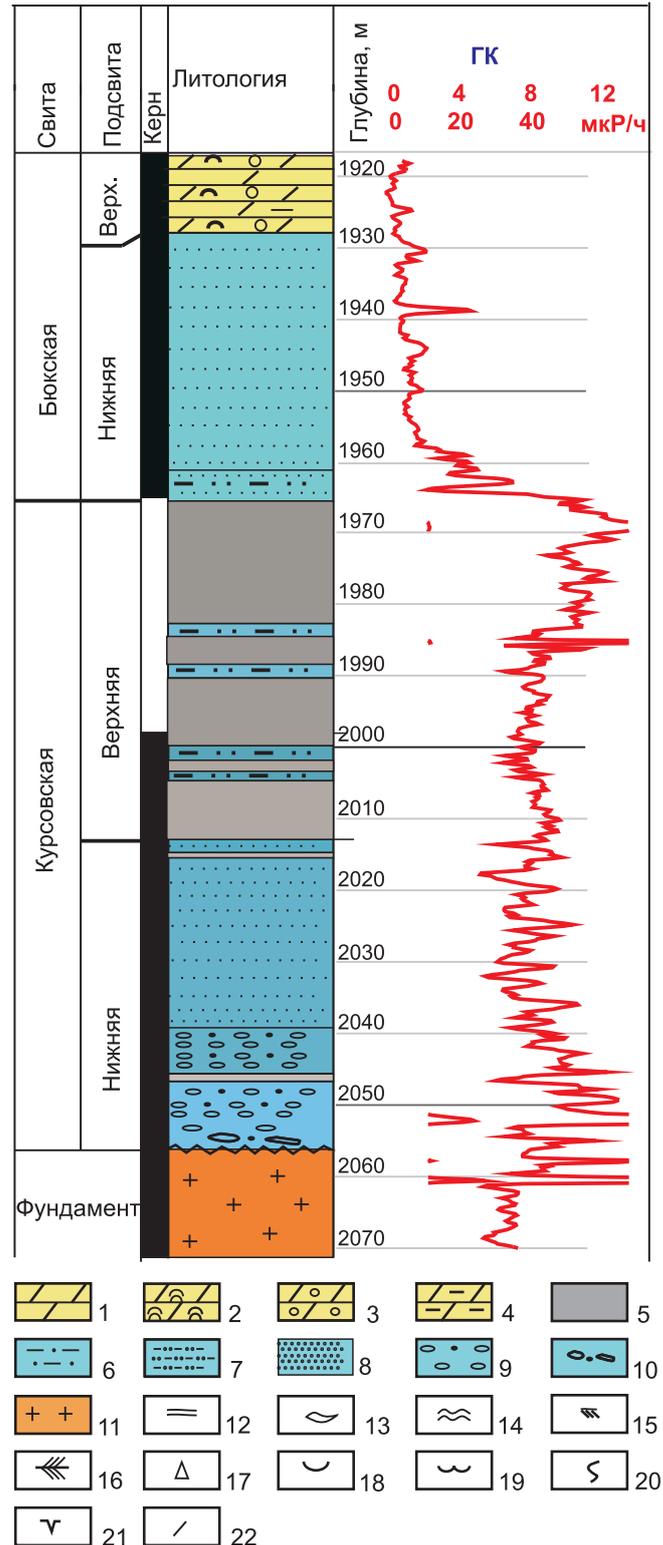


Рис. 2. Разрез силикокластической части венда одной из скважин восточных блоков Среднеботубинского месторождения

1–4 – доломиты и магнезиты: 1 – микрит-силтитовые, 2 – строматолитовые, 3 – пизолито-оолитовые, 4 – глинистые; 5 – аргиллиты; 6 – алевроаргиллиты; 7 – алевролиты; 8 – песчаники; 9 – гравелиты и гравелиты песчаные; 10 – конгломераты; 11 – гранитогнейсы; 12–18 – слоистость: 12 – горизонтальная, 13 – линзовидная, 14 – волнистая, 15 – косая, 16 – косая разнонаправленная, 17 – градиационная, 18 – флазерная; 19 – знаки ряби; 20 – оползневые структуры; 21 – трещины усыхания; 22 – интракласты



пробуренной в восточных блоках Среднеботуобинского месторождения, показана на рис. 2.

Характеристика разреза силикокластических пород

Курсовская свита (около 90 м) сложена силикокластическими отложениями – от конгломератов, крупных гравелитов, гравелитистых песчаников до средне-крупнозернистых и мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов с общим трендом на уменьшение зернистости вверх по разрезу (см. рис. 2; рис. 3). Выделяются две подсвиты: нижняя песчано-гравелитовая и верхняя аргиллитовая. В основании свиты залегают конгломераты (0,57 м) из плохо окатанных обломков с песчано-глинистым преимущественно базальным матриксом, которые вверх по разрезу переходят в гравелиты (часто с мелкими конгломератовыми обломками) и гравелитистые песчаники с подчиненными слоями и прослоями мелких конгломератов, крупнозернистых косослоистых песчаников, иногда с флазерами и прослоями аргиллитов. Выделяются маломощные (0,2–0,4 м) последовательности, в которых конгломерато-гравелиты и гравелиты сменяются гравелитистыми и крупнозернистыми песчаниками, иногда с прослойками аргиллитов. Эти мелкие последовательности группируются в более крупные (метрового масштаба) с трендом на уменьшение зернистости вверх по разрезу. По составу песчаники и гравелитопесчаники преимущественно полевошпат-кварцевые, реже литит-полевошпат-кварцевые. Характерна плохая и реже умеренная сортировка материала. Часто породы сильно ангидритизированы. Кроме ангидритового цемента, отмечаются доломитовый, глинистый и реже регенерационный кварцевый.

В верхней части нижнекурсовской подсвиты преобладают полевошпат-кварцевые, реже литит-полевошпат-кварцевые песчаники преимущественно серые, средне-крупнозернистые и крупнозернистые до гравелитистых, реже мелкозернистые до алевролитистых, иногда известковистые, с многочисленными округлыми участками (до 2 см) с ангидритовым цементом, с горизонтальной, пологой наклонной, косой (в том числе разнонаправленной), волнисто-линзовидной слоистостью, с многочисленными слоями и интракластами зеленых аргиллитов с трещинами усыхания. Характерна плохая и реже умеренная сортировка материала. Породы часто образуют маломощные последовательности (0,2–0,6 м) с резкими эрозионными границами от средне-крупнозернистых и гравелитистых песчаников с интракластами до мелкозернистых с прослоями аргиллитов. Фиксируются нечеткие циклы метрового масштаба, отражающие периодическое возрастание количества аргиллитов в разрезе (см. рис. 3; рис. 4). Повышенные концентрации в песчаниках и гравелитах нижнекурсовской подсвиты калиевых полевых шпатов (до 40 %), литокластов, флазеров и интракластов аргиллитов дают высокие значения

ГК, которые практически неотличимы от таковых верхнекурсовской подсвиты (см. рис. 2).

Верхняя подсвита курсовской свиты согласно, но с быстрым переходом залегает на песчаниках нижней подсвиты и представлена хлорит-гидрослюдистыми зеленовато-серыми аргиллитами с микро- и тонко-горизонтальной, реже волнистой и градационной слоистостью, с микрослойками и прослоями (до 0,1 м) алевроаргиллитов (рис. 5). Отмечаются оползни и включения ангидрита. Характерны высокие концентрации сульфидов. В некоторых скважинах встречаются маломощные прослои доломитов. Выделяется несколько циклов, в нижних частях которых доминируют микрослоистые аргиллиты, а в верхних – тонкие градационные штормовые слои алевроаргиллитов и глинистых алевролитов (см. рис. 3). В верхней части подсвиты в большинстве изученных ранее скважин (26, 70, 99, 1004) среди аргиллитов также отмечаются прослои алевролитов и песчаников штормового и оползневого происхождения. Переход к песчаникам и алевролитам буюксской свиты постепенный.

Нижнебуюкская подсвита сложена песчаниками от мелко- до крупнозернистых с горизонтальной и косой слоистостью с флазерами и двойными микрослойками аргиллитов с многочисленными оползневыми структурами в основании подсвиты. Фиксируются нечеткие седиментационные циклы метрового масштаба с общим трендом на возрастание зернистости вверх по разрезу (рис. 6, 7). По составу песчаники преимущественно полевошпат-кварцевые и кварцевые. Вверх по разрезу количество полевых шпатов уменьшается. Цемент порово-пойкилитовый доломитовый или доломит-ангидритовый, пленочно-поровый глинистый, регенерационный кварцевый. В изученной скважине наряду с многочисленными выделениями позднего (техногенного) галита в большинстве образцов фиксируется крупнокристаллический галит заполнения пор. В самой верхней части разреза нижнебуюксской подсвиты в песчаниках возрастает значение доломитового цемента, отмечаются зерна (оолиты, интракласты). Далее песчаники относительно резко сменяются оолитовыми и строматолитовыми доломитами (нередко магнетитовыми) основания верхнебуюксской подсвиты.

Основные типы отложений и обстановки седиментации

В зависимости от типа слоистости и поверхностных знаков гравелиты, песчаники и алевролиты курсовской и буюксской свит подразделяются на литологические типы с доминированием горизонтальной и пологой наклонной слоистости, линзовидно-слоистые, косослоистые, с разнонаправленной косой слоистостью, с флазерами и двойными слоями аргиллитов, градационно-слоистые, с оползневыми структурами. Среди аргиллитов в силикокластической части разреза выделяются

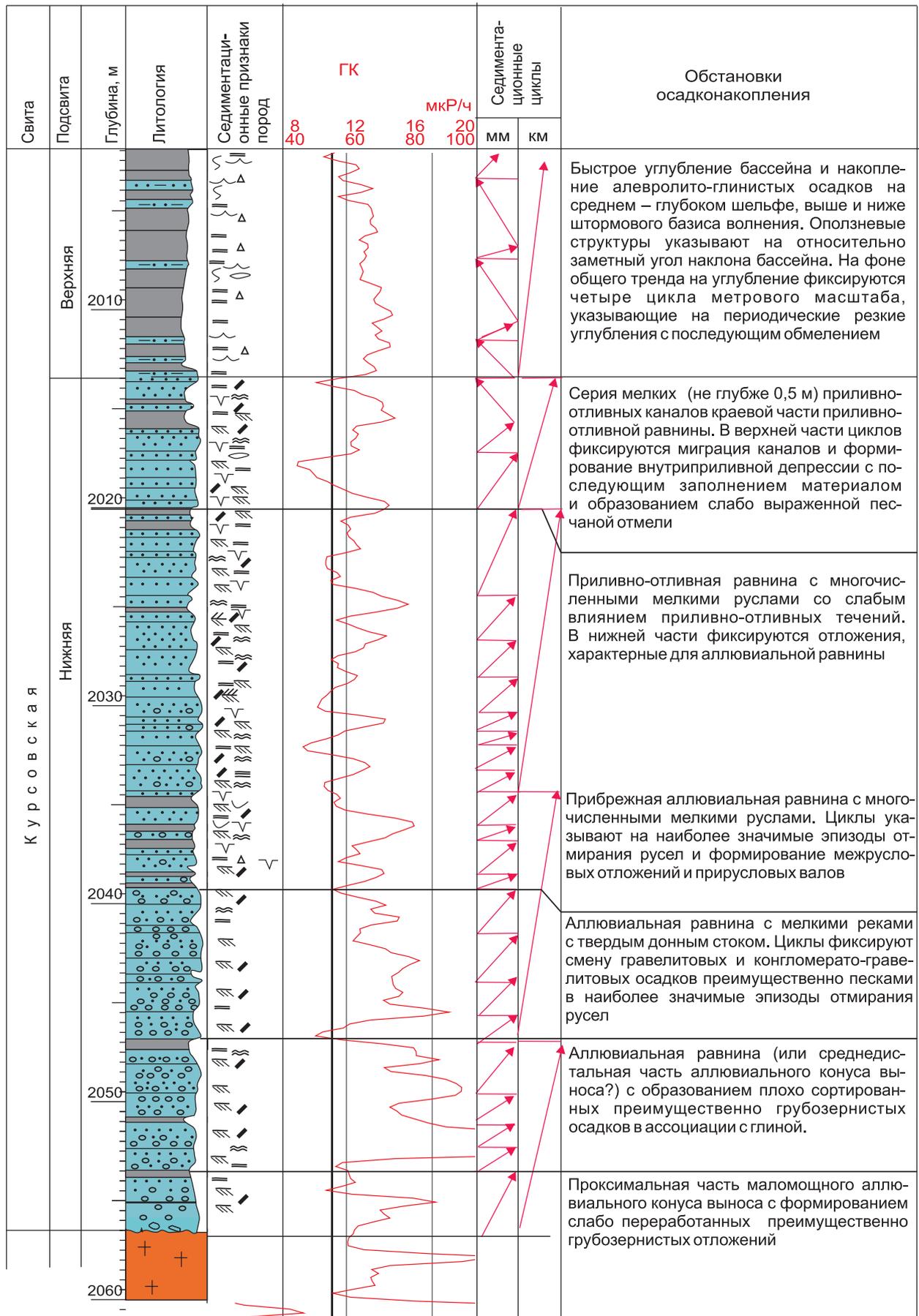


Рис. 3. Строение и обстановки формирования курсовской свиты

Седиментационные циклы: мм – мелкие (до 5 м), км – более крупные (5–10 м и более). Остальные усл. обозн. см. на рис. 2



Рис. 4. Конгломераты из основания (а) и аллювиальные циклы (б, в) из нижней подсвиты курсовской свиты



Рис. 5. Пограничные слои между песчаниками нижней и аргиллитами верхней подсвит курсовской свиты

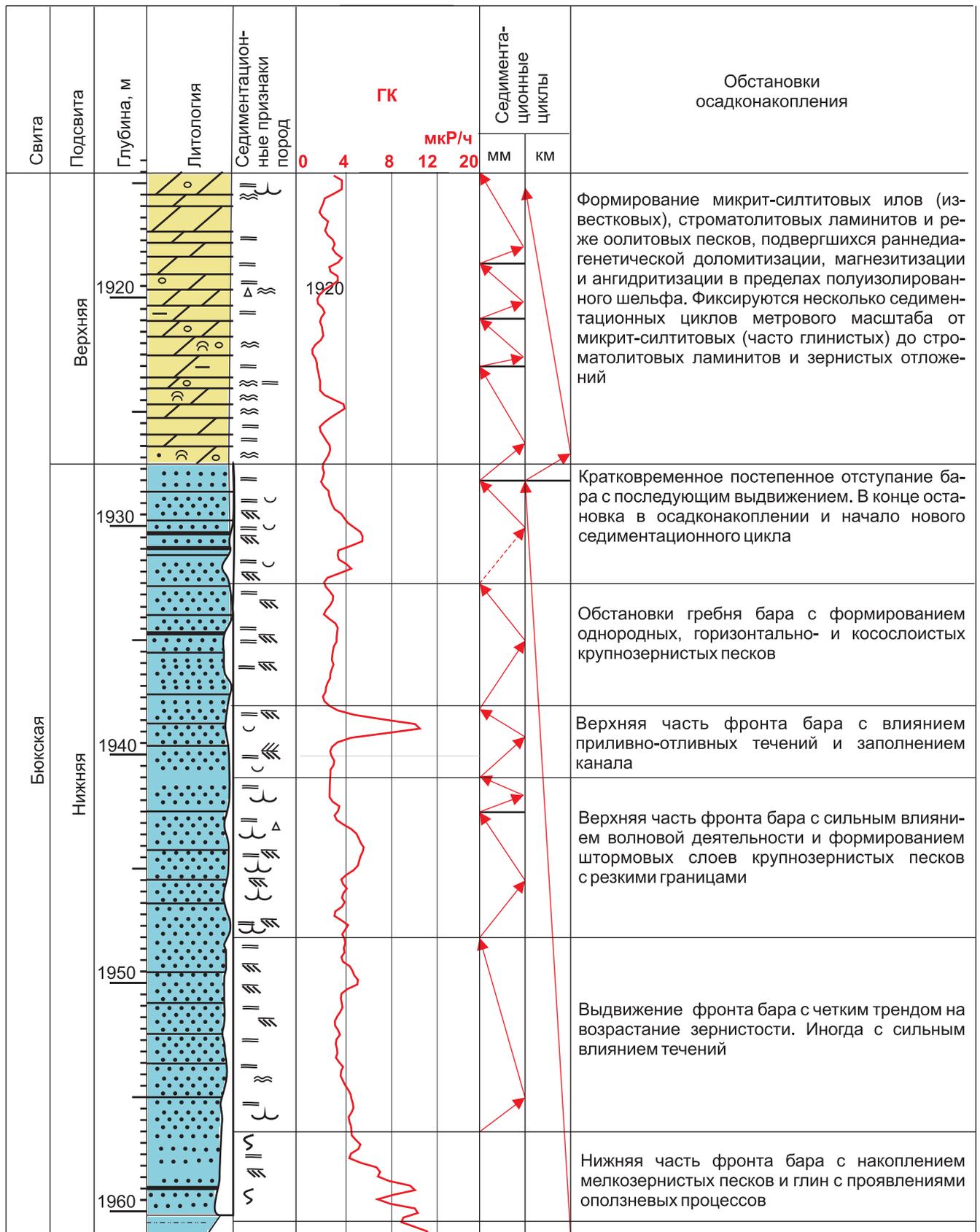


Рис. 6. Строение и обстановки формирования нижней подсвиты бюкской свиты

Усл. обозн. см. на рис. 2

микро-тонко-горизонтально-слоистые аргиллиты, аргиллиты со структурами оползания, алевроитовые аргиллиты с градационной слоистостью. Как тип отложений отдельно рассматриваются очень мало-

мощные пакеты тонкого переслаивания песчаников и аргиллитов с трещинами усыхания.

Как отмечалось, в разрезе скважины выделяются разномасштабные циклы, обычно с резкой



Рис. 7. Оползневые структуры из основания бюкской свиты скважин: изученной (а) и скв. 99 (б)

нижней границей, однако их природа, наполнение и направленность в изменении состава отложений существенно различаются. В нижней подсвите курсовской свиты преобладают циклы с уменьшением зернистости вверх по разрезу, а в бюкской свите – наоборот, с ее возрастанием. Выделяются циклы метрового (до 5 м) и более крупного (до 10 м и более) масштаба (см. рис. 3, 6).

Рассмотрим эволюцию обстановок седиментации силикокластических комплексов. В начале курсовского времени осадконакопление плохо сортированных грубообломочных отложений происходило, скорее всего, в пределах проксимальной и среднедистальной частей небольшого аллювиального конуса выноса (см. рис. 3). Далее реконструируется аллювиальная равнина с мелкими реками с твердым донным стоком. Аллювиальные циклы фиксируют смену гравелитовых отложений преимуще-

ственно песчаными во время отмирания русел. В этот период практически весь глинистый материал выносился речными потоками. Однако многочисленные интракласты аргиллитов в основании слоев показывают, что глинистый материал в небольшом объеме все-таки отлагался, но был эродирован при формировании новых русел.

Позднее аллювиальная равнина с доминированием мелких рек с твердым донным стоком сменилась приморской аллювиальной равниной с многочисленными мелкими руслами. Верхние части аллювиальных циклов метрового масштаба указывают на наиболее заметные эпизоды отмирания русел и формирование межрусловых отложений и иногда прирусловых валов (градационные прослой). В аллювиальных циклах метрового масштаба часто отмечаются последовательности более мелкого масштаба с уменьшением зернистости вверх по разрезу, которые завершаются аргиллитами с трещинами усыхания. Эти данные показывают, что индивидуальные русла были очень мелкими и глубина их не превышала 0,5 м. Вероятно также, что заполнение русел происходило с перерывами из-за «мерцающего» режима рек.

Далее фиксируются обстановки приливно-отливной равнины. Структура разреза мало изменилась. Также выделяются циклы заполнения русел (приливно-отливных каналов) метрового и более мелкого масштаба. Однако отложения стали преимущественно песчаными, в породах часто отмечается разнонаправленная (шеvronная) слоистость, свидетельствующая о влиянии приливно-отливных течений на седиментацию. На заключительной стадии формирования преимущественно песчаного разреза курсовской свиты в пределах приливно-отливной равнины образовалась мелководная депрессия с последующим ее заполнением и формированием очень маломощной песчаной отмели.

Позднее ситуация в бассейне осадконакопления резко изменилась. Произошло его быстрое углубление с накоплением алевритисто-глинистых осадков на среднеглубоком шельфе, выше и ниже штормового базиса волнения. Мелкие оползневые образования указывают на относительно заметный угол наклона дна. На фоне общей тенденции к углублению отмечаются циклы метрового масштаба, указывающие на периодические углубления бассейна с последующими незначительными обмелениями.

В целом в курсовское время фиксируется четкий тренд в изменении состава пород от грубообломочных отложений к аргиллитам, отражающий смену обстановок от континентальных аллювиальных равнин к приливно-отливным и далее к умеренно мелководным морским во время максимального затопления.

В раннебюкское время после максимального затопления бассейна наблюдается постепенное выдвигание крупной баровой системы с основ-



ной тенденцией к возрастанию зернистости вверх по разрезу (см. рис. 6). На фоне общего тренда на выдвигание бара отмечаются седиментационные циклы метрового масштаба с возрастанием зернистости вверх по разрезу, которые отражают кратковременные периоды его отступления с последующим выдвиганием и, возможно, один нечетко выраженный цикл (с уменьшением зернистости вверх по разрезу) заполнения приливно-отливного канала с последующей переработкой волнением. Вначале седиментация мелкозернистых песков происходила в нижней части фронта бара с относительно крутым склоном и образованием оползней. Далее формировались более крупнозернистые пески верхней части фронта бара, которые находились под влиянием волнения (в том числе штормового) (резкие границы слоев, фрагменты волновых знаков ряби и бугорчатой слоистости), и иногда течений. Выше реконструируется обстановка гребня бара с образованием горизонтально-слоистых, однородных и косослоистых преимущественно крупнозернистых песков. На завершающей стадии произошло незначительное отступление бара с последующим его выдвиганием. Затем резко уменьшился объем поступающего в бассейн силикокластического материала и началось формирование главным образом карбонатных отложений верхнебюкской подсвиты.

В целом в изученном разрезе отмечается последовательная смена континентальных обстановок морскими, в том числе умеренно глубоководными, в период максимального затопления (верхнекурсовские аргиллиты) с последующим выдвиганием бюкской баровой системы в сторону глубоководной части бассейна. Следует отметить, что сходный тренд в развитии бассейна на северо-востоке НБА фиксируется также и в разрезах других изученных скважин (26, 70, 99, 1004), которые вскрыли вендские силикокластические отложения. Сокращение мощности силикокластических комплексов, например юго-западнее (Восточно-Сугдинский и Могдинский лицензионные участки), связано, скорее всего, с тем, что затопление окраины Сибирской платформы было не одномоментным, а растянутым во времени.

Выводы

Проведено детальное седиментологическое изучение разреза силикокластической части венда одной из скважин с привлечением материалов по другим изученным скважинам северо-востока НБА (Среднеботуобинское месторождение). Реконструирована последовательная смена обстановок от континентальных (нижняя подсвита курсовской свиты) до морских среднего и глубокого шельфа (верхняя часть курсовской свиты).

Песчаники нижнебюкской подсвиты (ботуобинский горизонт) генетически связаны с нижележащими аргиллитами курсовской свиты и представляют собой отложения крупной баровой системы, кото-

рая по классической схеме проградировала в сторону более глубоководной части бассейна.

Полученные результаты показывают, что в северо-восточной части НБА, на территории Среднеботуобинского месторождения нет явных седиментационных признаков региональных перерывов в основании бюкской свиты и между подсвитами курсовской свиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вараксина И. В., Хабаров Е. М., Кротова М. М.** Влияние структурно-вещественных параметров на фильтрационно-емкостные свойства пород ботуобинского горизонта венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1(9). – С. 67–74.
2. **Лебедев М. В., Чернова Л. С.** Фациальные модели терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37, № 10. – С. 51–64.
3. **Мельников Н. В.** Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 145 с.
4. **Непско-Ботуобинская** антеклиза – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР // А. С. Анциферов, В. Е. Бакин, В. Н. Воробьев и др. – Новосибирск: Наука, 1986. – 245 с.
5. **Стратиграфическая** схема терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы / М. В. Лебедев, С. А. Моисеев, В. А. Топешко, А. М. Фомин // Геология и геофизика. – 2014. – № 5–6. – С. 874–890.
6. **Шемин Г. Г.** Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы, Катангская седловина). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 467 с.

REFERENCES

1. Varaskina I.V., Khabarov E.M., Krotova M.M. [Influence of structural and compositional parameters on filtration-volumetric characteristics of the Vendian Botuoba horizon in the north-eastern Nepa-Botuoba anteclise]. *Geologiya i mineral'no syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2012, no. 1(9), pp. 67–74. (In Russ.).
2. Lebedev M.V., Chernova L.S. [Facies models for Vendian terrigenous deposits in the northeastern Nepa-Botuoba anteclise (Siberian Platform)]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1996, vol. 37 (10), no. 10, pp. 51–64. (In Russ.).
3. Melnikov N.V. *Vend-kembriyskiy solenosnyy basseyn Sibirskoy Platformy* [Vendian-Cambrian saliferous basin of the Siberian Platform]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2009. 145 p. (In Russ.).
4. Antsiferov A.S., Bakin V.E., Vorobyev V.N., et al. *Nepsko-Botuobinskaya antekliza – novaya perspe-*



ktivnaya oblast' dobychi nefti i gaza na vostoke SSSR [Nepa-Botuoba anticline – a new promising region of oil and gas production in the East of the USSR]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986. 245 p. (In Russ.).

5. Lebedev M.V., Moiseev.S.A., Topeshko V.A., Fomin A.M. Stratigraphy of Vendian terrigenous deposits in the north-eastern Nepa-Botuoba anticline. *Russian Geology and Geophysics*, 2014, vol. 55, no. 5–6, pp. 691–703.

6. Shemin G.G. *Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti venda i nizhnego kembriya tsentral'nykh rayonov Sibirskoy platformy (Nepko-Botuobinskaya, Baykitskaya anteklizy, Katangskaya sedlovina)* [Geology and petroleum potential of the Vendian and Lower Cambrian of central regions of the Siberian Platform (Nepa-Botuoba, Baykit anticlines and Katanga saddle)]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2007. 467 p. (In Russ.).

© Е. М. Хабаров, О. Д. Николенко, 2018