

Морфотипы клиноформных образований неокома севера Западно-Сибирской низменности с учетом особенностей седиментационных процессов

В.Н. Бородкин^{1,3*}, О.А. Смирнов^{2,3}

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

²ООО «ИНГЕОСЕРВИС», Тюмень, Россия

³Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Тюмень, Россия

На основе относительно глубоководной клиноформной модели строения ачимовской толщи с учетом данных анализа седиментологических процессов и материалов сейсморазведки 3D дано описание морфологических типов клиноформных образований, особенностей строения и седиментации нижнемеловых отложений в зоне встречных клиноформ, выделен новый тип ловушек углеводородов в пределах севера Западно-Сибирского осадочного бассейна, представлены их сейсмические образы. Сделан вывод, что в зоне клиноформ восточного падения (уральского источника сноса) оценка перспектив нефтегазоносности разреза должна выполняться на базе анализа данных сейсморазведки, гравиметрической съемки и материалов геофизических исследований скважин с целью прогноза коллекторов трещинного типа.

Ключевые слова: Ямало-Карский регион, клиноформа, морфотип, осевая часть бассейна седиментации, источник сноса, ловушка углеводородов

Для цитирования: Бородкин В.Н., Смирнов О.А. (2023). Морфотипы клиноформных образований неокома севера Западно-Сибирской низменности с учетом особенностей седиментационных процессов. *Георесурсы*, 25(3), с. 4–12. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.3.2>

Клиноформные образования неокома Западной Сибири связаны с относительно глубоководным бассейном формирования отложений ачимовской толщи. Более ранняя модель, отображающая субгоризонтальное строение неокома (в том числе и ачимовской толщи) и мелководно-морские, либо континентальные условия седиментации, существовала довольно продолжительное время и была отражена в стратиграфической схеме мезозойских отложений, утвержденной Межведомственным стратиграфическим комитетом в 1978 г. Стратификация ачимовской толщи выполнялась исходя из субгоризонтального залегания. Считалось, что песчано-алевролитовые пласты берриас-ранневаланжинского возраста плащеобразно распространены в пределах всего Западно-Сибирского неокомского бассейна.

В 70-е годы XX в. А.Л. Наумовым (Наумов и др., 1979) была создана регионально-косослоистая модель строения нижнемеловых отложений, которая представляет собой процесс бокового заполнения осадками некомпенсированного относительно глубоководного морского бассейна (рис. 1). В соответствии с этой моделью возраст клиноформных образований изменялся в стратиграфически скользящем диапазоне от берриаса на востоке до готерива на западе (Бородкин, Курчиков, 2015; Нежданов и др., 2000), а в северной части полуострова Ямал и акватории Карского моря прогнозировались клиноформы барремского возраста (Бородкин и др., 2015; Бородкин и др., 2023).

Целью настоящей работы является анализ седиментационных процессов, с особенностями которых связано формирование разнообразных морфотипов клиноформных образований в наименее изученной части территории севера Западной Сибири.

На основании обобщения большого объема материалов сейсморазведки 2D/3D и бурения, получены новые данные о строении неокомской части разреза, изучены морфологические характеристики клиноформных тел, определены поисковые критерии выявления перспективных ловушек углеводородов (УВ).

Из рис. 1 видно, что в разрезе наблюдаются клиноформы, связанные с западным (Уральским хребтом) и основным восточным (Сибирской платформой) источниками сноса терригенного материала, характеризующимися соответственно условиями восточного и западного падения клиноформ. Области их стыковки отвечает осевая часть неокомского седиментационного бассейна (рис. 1).

В настоящей работе для клиноформ, соответствующих восточному источнику сноса обломочного материала, присвоено наименование НВ (н – неоком). Клиноформы, связанные с западным источником сноса, объединены в крупный сейсмокомплекс НЗ, включающий в себя более мелкие клиноформные образования.

В разрезе неокома прослежена серия сейсмических отражающих горизонтов (ОГ): НЗ, НВ_{ямо} (по названию пачки), НВ₄ и т.д. (рис. 2) (Бородкин и др., 2022а; Бородкин и др., 2022б).

* Ответственный автор: Владимир Николаевич Бородкин
e-mail: komgort@mail.ru

© 2023 Коллектив авторов

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

* Материалы настоящей статьи были представлены в виде доклада на конференции «Перспективы нефтегазоносности ачимовского и юрского комплексов севера Западно-Сибирской НГП» в г. Тюмень, 23–24 мая 2023 г.

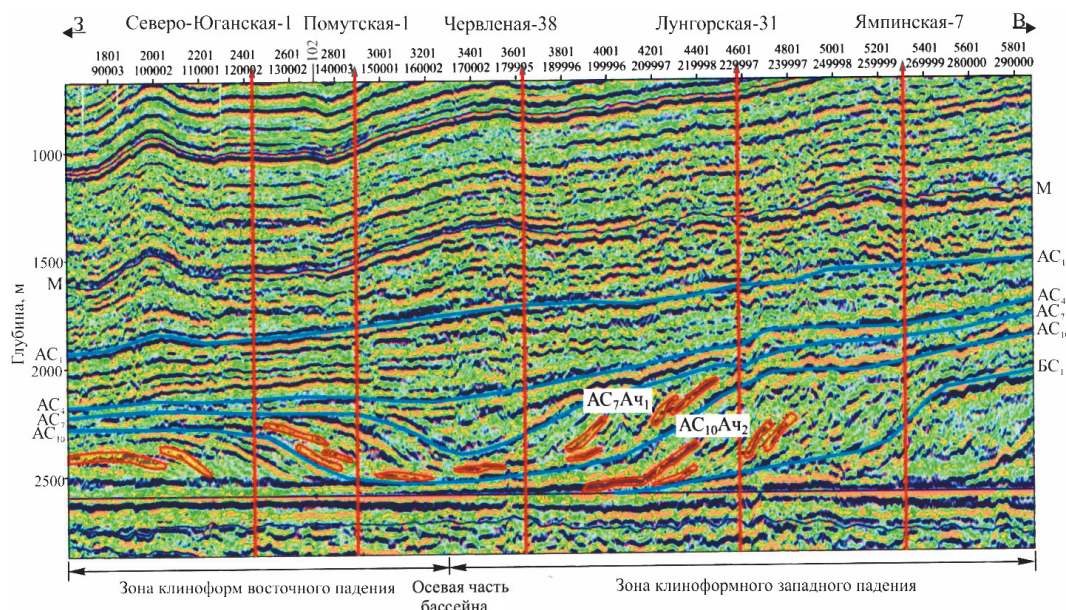


Рис. 1. Клиноформная модель неокома Западной Сибири (по данным сейсморазведки МОВ ОГТ). На сейсмическом разрезе приведены отражающие горизонты (ОГ): М – приуроченный к кровле неомских отложений нижнего мела; AC_1 , AC_2 , AC_3 , AC_{10} , BC_1 – ОГ, стратиграфически соответствующие кровле пластов

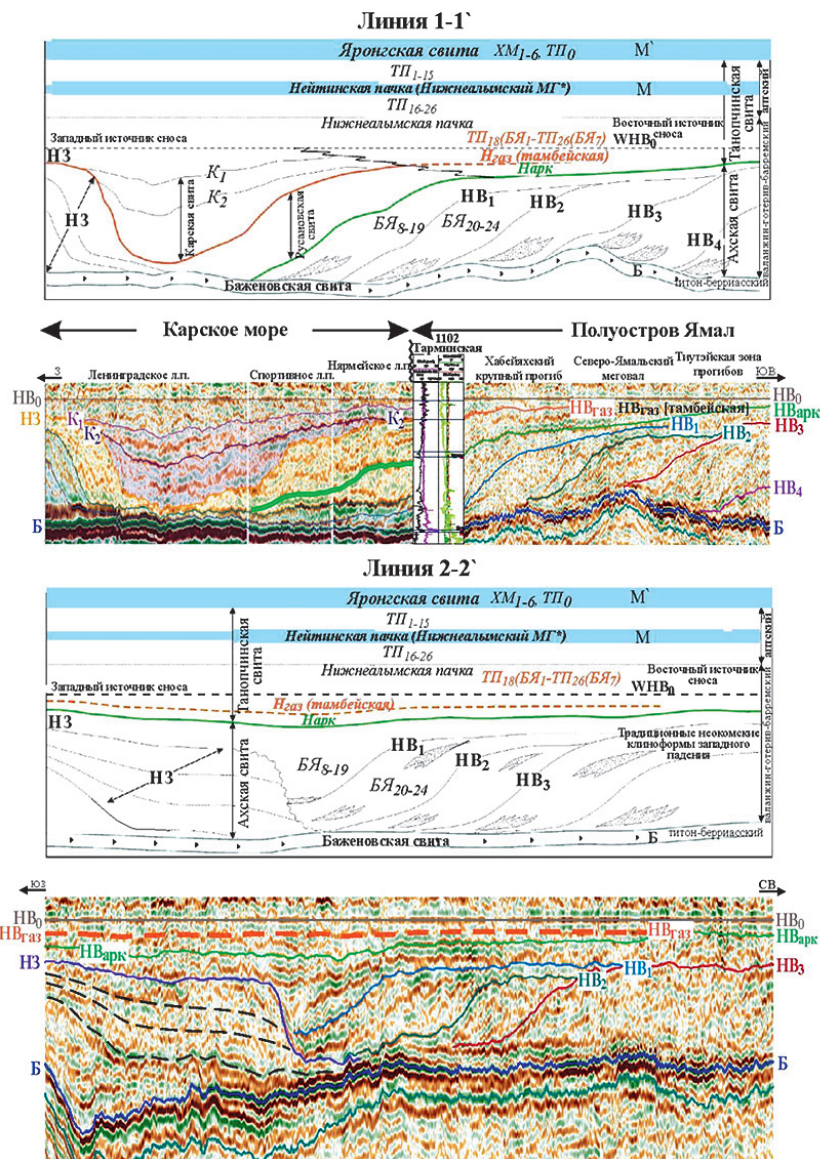


Схема расположения линий разреза

Условные обозначения:

- 1-1' - линии сейсмогеологического разреза;
- НВ₀ – кровля отложений неокома;
- Б – кровля баженовской свиты;
- Нгаз – тамбейская пачка глин;
- НВарк – арктическая пачка глин;
- НЗ – клиноформы с западным источником сноса (восточного падения);
- НВ – клиноформы с восточным источником сноса (западного падения).

Рис. 2. Сейсмогеологическая модель клиноформного строения неокома п-ова Ямал и Южно-Карской синеклизы (схема линий приведена на рис. 5)

Западные клиноформы (восточного наклона) хорошо изучены на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в Шаимском районе по большому количеству пробуренных скважин. В работе (Куркин, 2019) западные клиноформы выделены в отдельную толщу под названием Восходная по скв. 3021 Восходной площади, вскрывшей интервал на полную мощность.

Следует отметить, что впервые в Среднем Приобье промышленный приток нефти (Q_n на четырех миллиметровом штуцере составил $14,8 \text{ м}^3/\text{сут}$) был получен из клиноформы восточного падения в скв. 29 Восточно-Шебурской площади (Курчиков и др., 2010), в связи с этим требуется более углубленное изучение данной части разреза неокома.

На карте временных толщин ОГ Б-НЗ (Б – горизонт, связанный с отложениями баженовской свиты) выделены три депоцентра осадконакопления: Щучинский, Байдарацкий и Харасавэйский (рис. 3), где источниками сноса являлись Щучинский палеозойский выступ на юге и Припайхойско-Новоземельская моноклираль на юго-западе соответственно.

Как видно из рис. 3, раннемеловой период характеризуется неравномерным по площади, но интенсивным по величине дифференцированным прогибанием осадочного бассейна. С увеличением интенсивности и амплитуды прогибания преддуговых впадин неразрывно связаны процессы размыва, переноса и лавинной аккумуляции терригенных осадков. На рис. 3 можно отметить еще одну особенность морфологии границ западных клиноформ: более пологие расположены на юге, а крутые – на севере (Бородкин и др., 2015), что свидетельствует об увеличении глубины седиментационного бассейна в северном направлении и согласуется с результатами палеогеографических реконструкций (Курчиков, Бородкин, 2016; Бородкин и др., 2022а). Сужение ширины бассейна седиментации и формирование крутого восточного склона НЗ происходило одновременно с накоплением восточных клиноформ по схеме, приведенной на рис. 4.

Можно провести некоторую аналогию. На реках, продольные профили которых находятся в состоянии динамического равновесия, один берег русловой ложбины

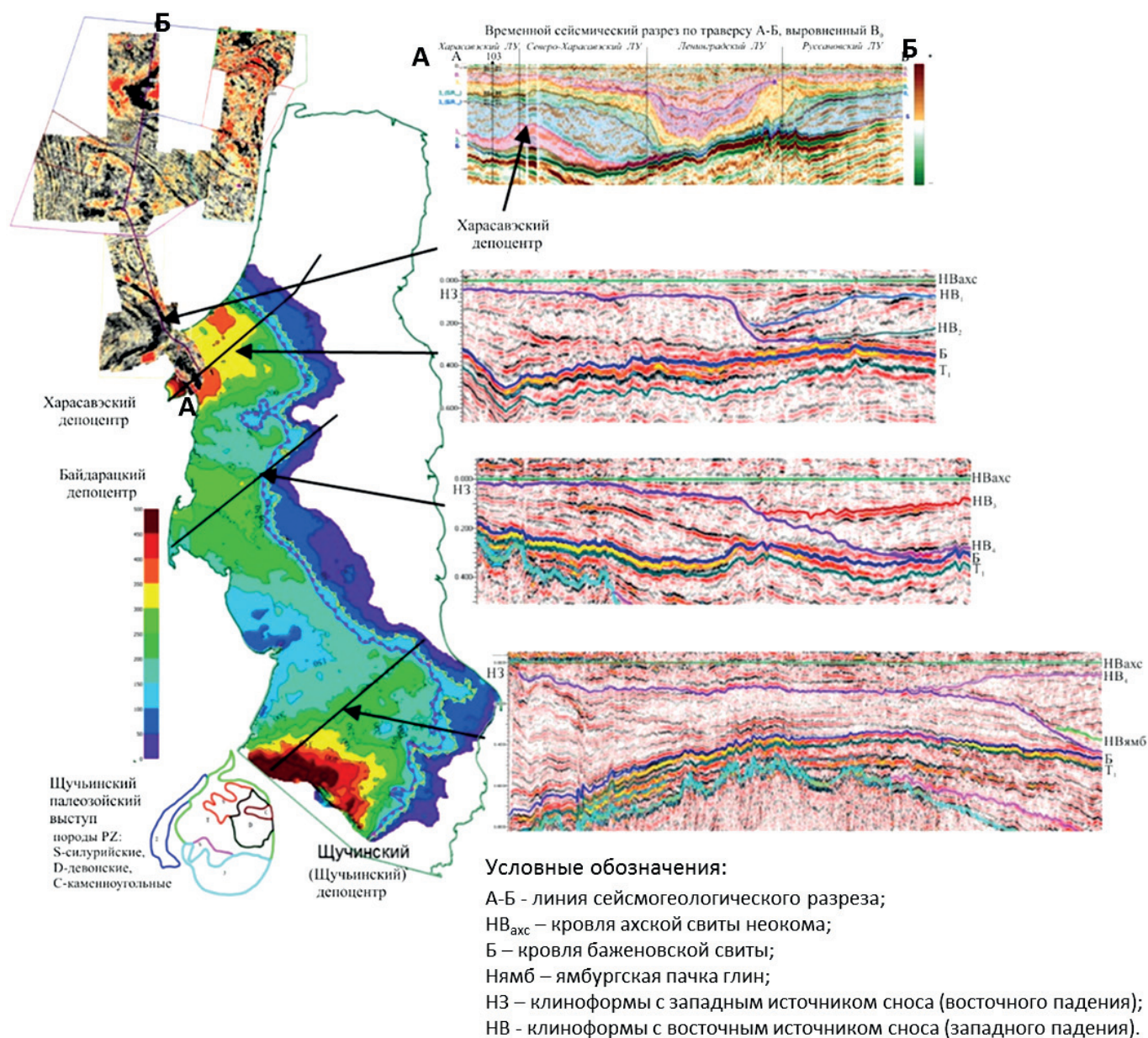


Рис. 3. Депоцентры западных источников сноса

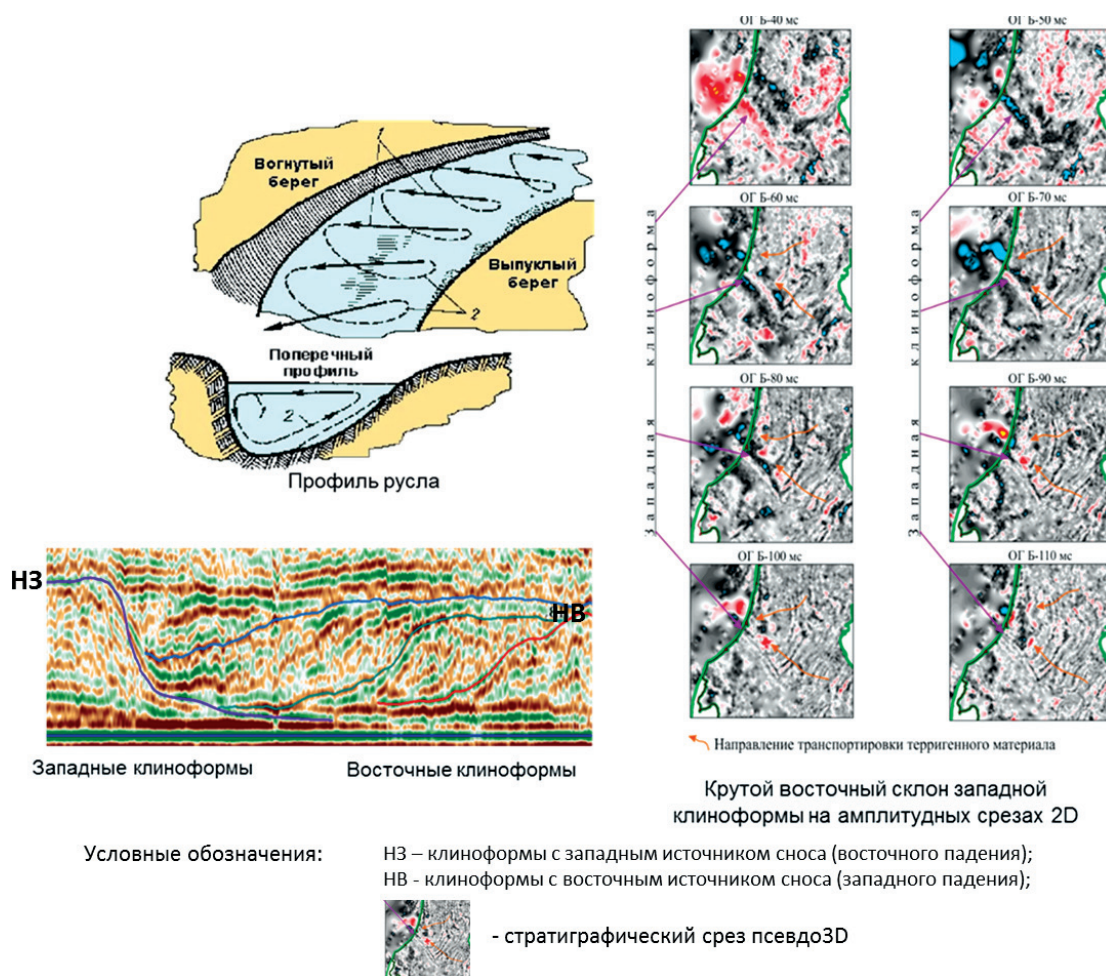


Рис. 4. Сопоставление схемы фазы аллювиальной аккумуляции и модели накопления восточных клиноформ

всегда является эрозионным (подмывной берег), второй – аккумулятивным (намывной берег или русловая отмель). Выпуклый берег наращивается, как бы наступая на русло, которое в целом смещается в сторону вогнутого берега, сохраняя почти неизменными свою ширину и форму поперечного сечения (рис. 4).

В разрезе западных клиноформ количество выявленных ловушек углеводородов (УВ) ограничено и значительной промышленной нефтегазоносности не установлено, что связано с однообразием алевролитно-глинистого состава Уральского источника сноса, обусловленного пепленизацией Урала. В связи с этим недропользователи не уделяли должного внимания исследованию данного интервала геологического разреза. Получение фонтана нефти в скв. 29 Восточно-Шебурской площади связано с трещиноватым типом коллектора, выделение которого выполнялось по данным гравиметрических исследований по наличию отрицательных аномалий Δg и глубоких каверн в разрезе по материалам промыслово-геофизических исследований (Курчиков и др., 2010). По-видимому, данный методический подход следует в дальнейшем использовать для оценки перспектив нефтегазоносности западных клиноформ.

Как ранее отмечалось (Бородин и др., 2015; Бородин и др., 2023), значительная часть восточных клиноформ (западное падение) относится к барремскому возрасту, что соответствует последнему циклу бокового заполнения осадочного бассейна, для которого характерна большая

удаленность от источников сноса и более мелководные условия осадконакопления. Поэтому клиноформы достаточно пологие, перегибы, разделяющие на унда-, орто- и фондоформу, невыразительны. На рис. 5 приведена схема площадного распространения клиноформ HВ_{ямб} – HВ₁ и примыкания их к H3.

Зона встречных шельфов надежно протрассирована по данным сейсморазведки и прослежена вдоль Урала от Красноленинского района до юго-западной части Ямала включительно (рис. 6), а в работе (Бородин и др., 2015) и в акватории Карского моря.

Л.Ш. Гиршгорн и В.С. Соседков осевую зону нижне-неокомского некомпенсированного седиментационного бассейна отнесли к зоне интерференции клиноформ, сформировавшихся из западных (урало-пайхойских) и восточных (сибирских) источников сноса (рис. 6) (Гиршгорн, Соседков, 1990).

Миграция осевой части бассейна, связанная как с неравномерным поступлением обломочного материала от источников сноса, так и с другими факторами, обуславливает перекрытие клиноформ западного и восточного падения на разных стратиграфических уровнях (Гиршгорн, Соседков, 1990).

Развитие в пределах этой зоны на южном Ямале мощной толщи песчаных образований в составе склоновых отложений (Новопортовской толщи) объяснялась А.Л. Наумовым др. (1979) влиянием на седиментационный процесс приближения встречного склона (H3)

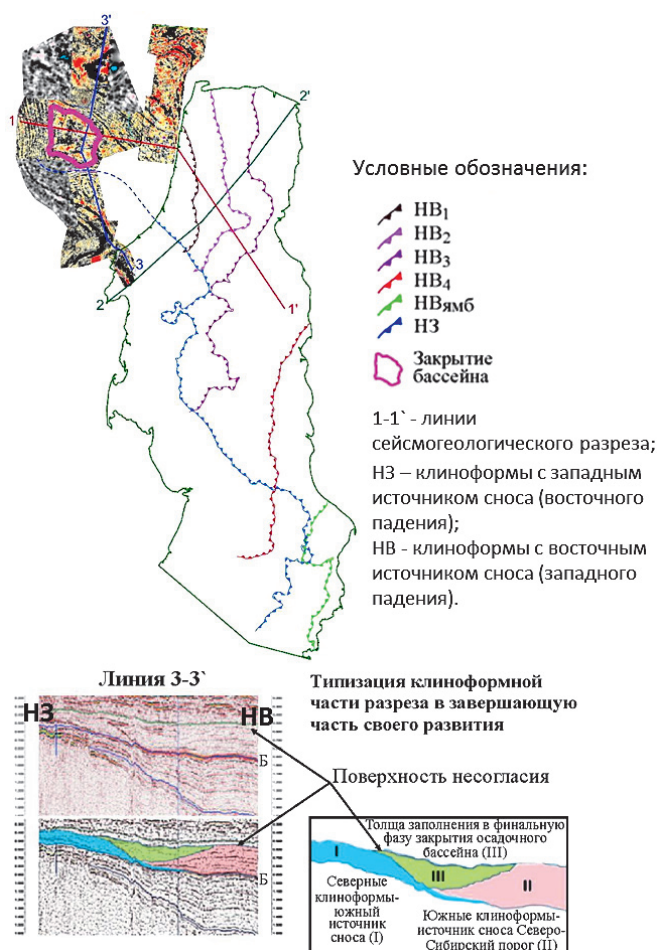


Рис. 5. Схема клиноформного строения неокома п-ова Ямал и Южно-Карской синеклизы



Схема взаимоотношения клиноформ в приосевой части нижне-неокомского бассейна на п-ове Ямал по Гиригорн Л.Ш., Соседкову В.С., 1990г



Прогнозируемые зоны распространения неокомских подпорных литологических ловушек, А.Л. Наумов, 1990 г.

Рис. 6. Схема взаимоотношения клиноформ в осевой части неокомского бассейна по (Гиригорн, Соседков, 1990; Наумов и др., 1979)

по отношению к направлению переноса терригенного материала.

По мнению А.А. Куркина (2019), перспективность зоны встречного направления клиноформ подтверждается результатами бурения скважин 57 Хамбате́йская, 65, 69, 70, 82, 94 Ростовцевские.

По материалам площадных сейсморазведочных работ выявлены ловушки УВ в осевой зоне неокомского палеобассейна – зоне встречных клиноформ западного и восточного падения. Это группа Нурминских ловушек: Западно-Арктическая, Ясавейская, Сядорская и Побережная. На рис. 7 приведены сейсмические образы ловушек УВ в осевой части неокомского бассейна.

Данный тип ловушек УВ, по-видимому, следует выделить в отдельный класс: А.Л. Наумов их назвал «подпорным» типом, другое название – ловушки «встречных клиноформ».

В заключение следует остановиться еще на одном новом морфотипе клиноформных образований неокома, связанном с особенностями седиментационного процесса.

На основе модели седиментации ачимовской толщи (Бородкин, Курчиков, 2015; Нежданов и др., 2000) установлено многообразие текстур пород.

В керне выделяются микроструктурные особенности пород ачимовской толщи, по материалам сейсморазведки 3D на одной из площадей п-ова Ямал, где наблюдаются подобные макротекстуры (рис. 8) (Бородкин и др., 2018). Механизм формирования в осадке текстур деформации, по-видимому, связан с воздействием турбидитов на нелитифицированные подачимовские глины с последующим формированием «аномальных» разрезов баженовской свиты (Бородкин и др., 2018).

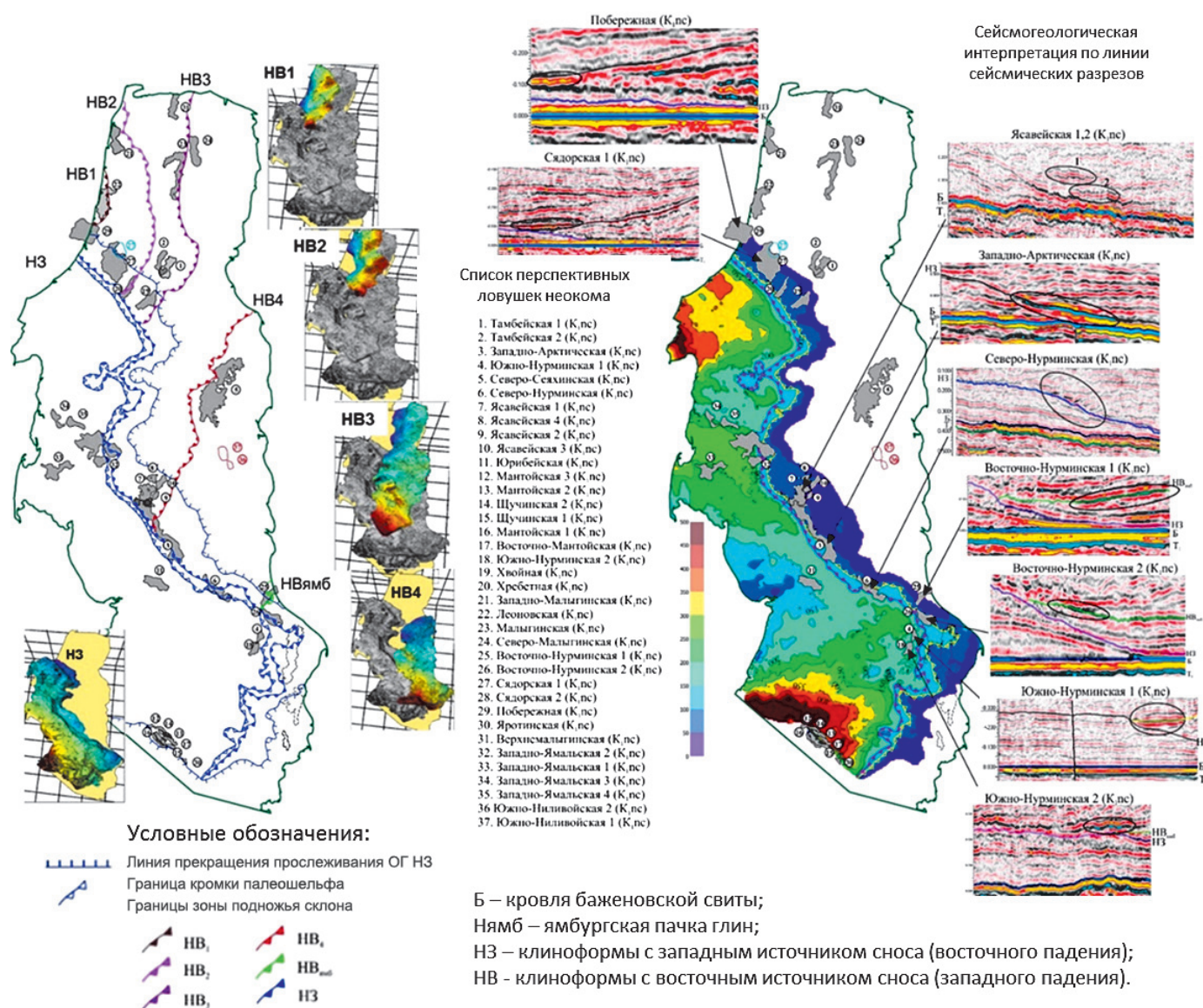


Рис. 7. Сейсмические образы ловушек УВ в осевой части неокомского бассейна

В настоящее время существует множество точек зрения на механизм формирования «аномальных» разрезов, но мы придерживаемся точки зрения А.А. Нежданова о том, что «аномальные» разрезы неразрывно связаны с условиями и процессами формирования клиноформных образований ачимовской толщи и могут быть отнесены к «сейсмоторбидитам» по Р. Мутти и др. (Mutti et al., 1984).

Наблюдаемые на рис. 8 элементы деформации имеют большую частоту (залегают в разрезе последовательно без размыва) и характеризуются сходством сейсмического рисунка. Согласно (Seilacher, 1969), наиболее аргументированной представляется нам гипотеза о сейсмитах.

Поскольку землетрясение как необходимое событие и условие для объяснения такого сейсмического рисунка является предположительным, авторы работ (Moretti, Sabato, 2007; Alsop, Marco, 2007) привлекли для доказательства комплексирование сейсмических данных с накопленными знаниями о деформации горных пород.

На рис. 9 представлен пример сочетания взаимобусловленности глубинного разлома и связанных с

ним вероятных очагов землетрясения, провоцирующих лавинные процессы осадконакопления. Линия глубинного разлома, проникающего в осадочную толщу, является границей, разделяющей сформированную систему внутриформационных деформаций от ненарушенных неокомских толщ (Бородин и др., 2018).

В работе (Бородин и др., 2018) отмечено, что на одной из исследованных площадей п-ова Ямал, по данным сейсморазведки 3D, был выделен новый морфотип клиноформ неокома, по признакам и критериям соответствующий сложнопостроенным деформированным телам сейсмогенного генезиса. Аномальные морфотипы клиноформных образований, по материалам сейсморазведки 3D, установлены и в акватории Карского моря (рис. 10).

Таким образом, на основе анализа седиментологических процессов и материалов сейсморазведки 3D в разрезе нижнего неокома выделены различные морфотипы клиноформных образований, характеризующиеся разнообразием типов ловушек углеводородов.

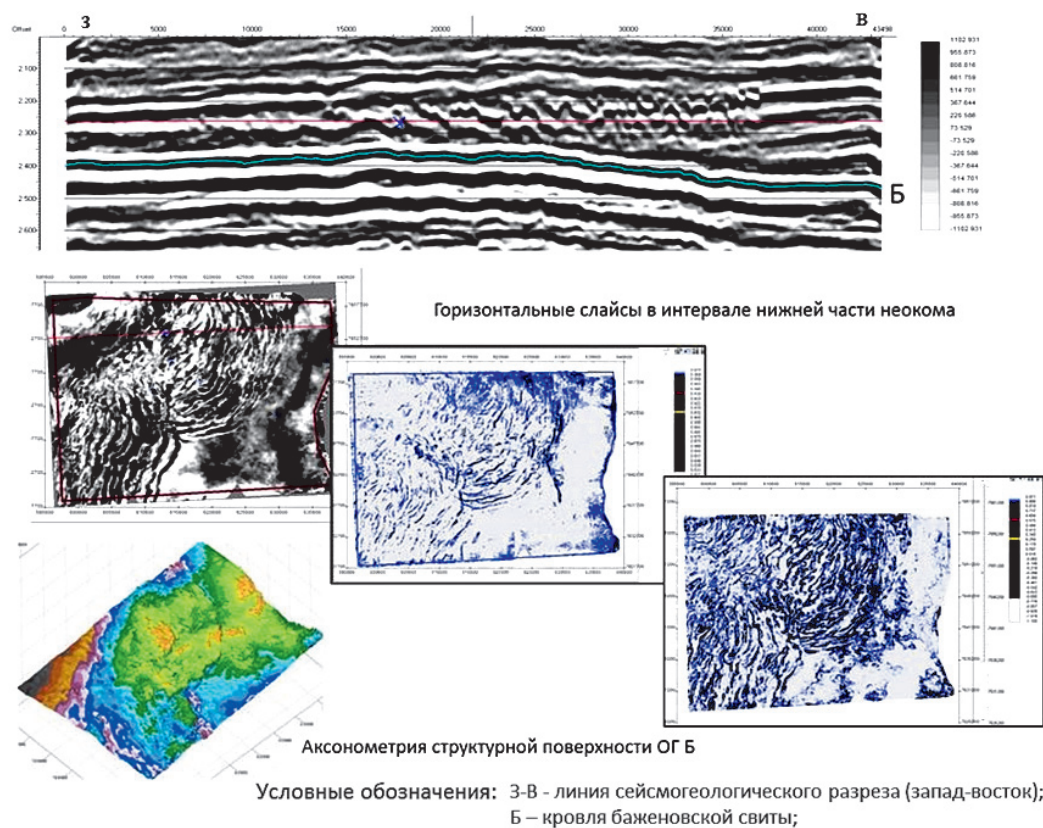


Рис. 8. Волновая картина в интервале нижней части неокома п-ова Ямал (Бородин и др., 2018)

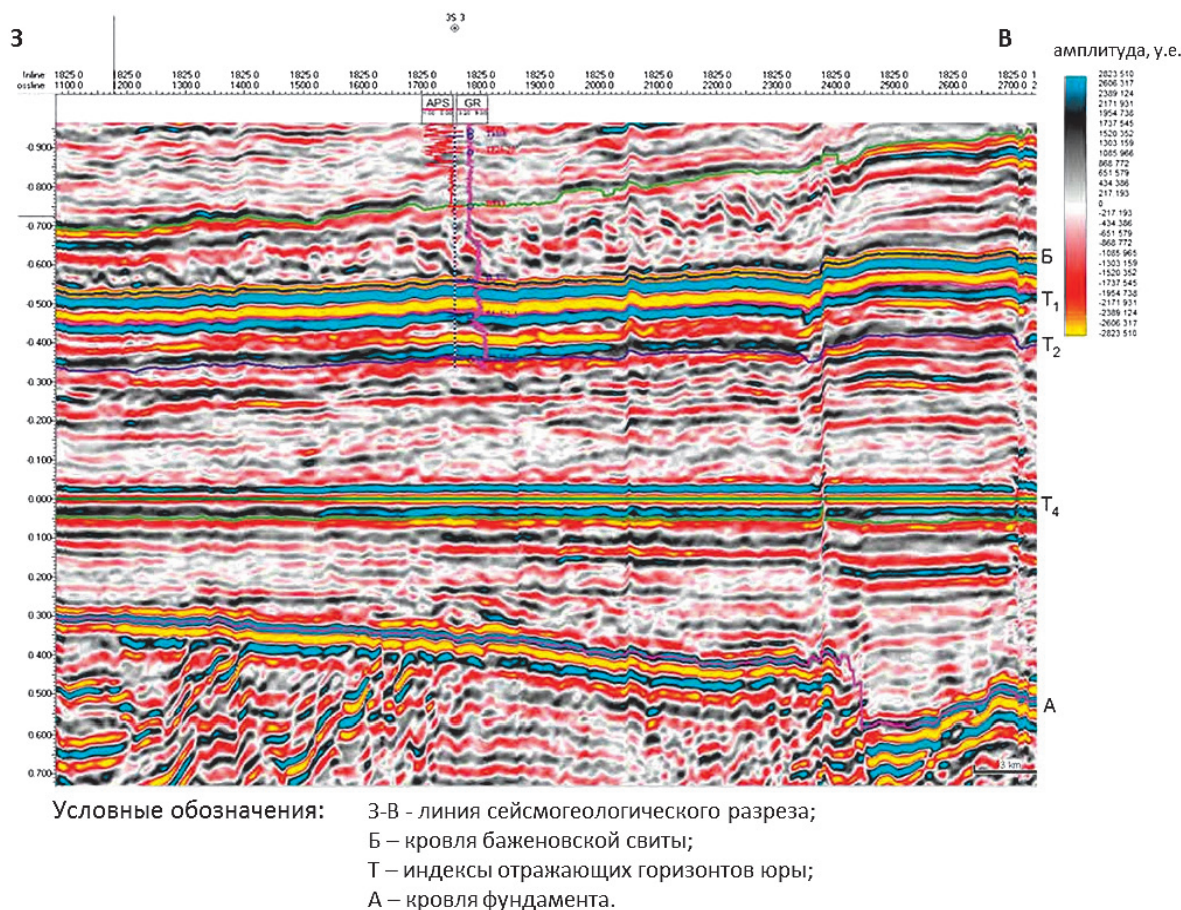


Рис. 9. Сочетание глубинного разлома с внешней границей внутриформационных деформаций (Бородин и др., 2018)

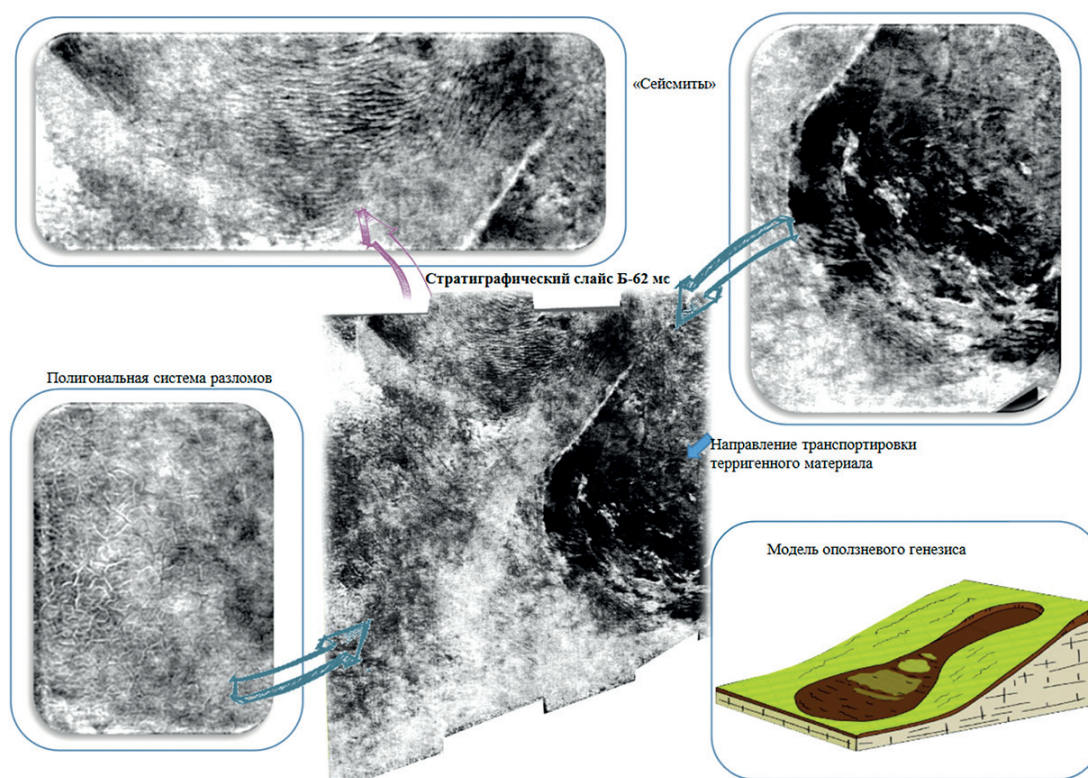


Рис. 10. Морфотипы клиноформ нижнего неокома в пределах акватории Карского моря

Литература

Бородин В.Н., Курчиков А.Р. (2015). Характеристика геологического строения и нефтегазоносности ачимовского нефтегазоносного комплекса Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 299 с.

Бородин В.Н., Курчиков А.Р., Недосекин А.С., Смирнов О.А., Шестакова Н.М. (2015). Уточнение границ сейсмификационных комплексов неокома в пределах акватории Карского моря. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, (11), с. 14–24.

Бородин В.Н., Курчиков А.Р., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Недосекин А.С., Смирнов А.С., Корнев В.А. (2018). Новые элементы седиментологической модели клиноформного разреза ачимовской толщи севера Западной Сибири по данным сейсморазведки 3D. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, (11), с. 4–12.

Бородин В.Н., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Плавник А.Г., Тепляков А.А. (2022а). Седиментологическая модель меловых отложений полуострова Ямал на базе комплексирования геолого-геофизических данных. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 17(1). http://www.ngtp.ru/rub/2022/6_2022.html

Бородин В.Н., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Плавник А.Г., Тепляков А.А. (2022б). Сейсмогеологическая модель и перспективы нефтегазоносности палеозойско-мезозойских отложений севера Западной Сибири на базе сейсморазведки 2D, 3D. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 17(2). http://www.ngtp.ru/rub/2022/18_2022.html

Бородин В.Н., Смирнов О.А., Лукашов А.В., Трусов А.И. (2023). Характеристика геологического строения, оценка перспектив нефтегазоносности акватории Карского моря на базе современной сейсморазведки 2D, 3D. Тюмень: Вектор Бук, 265 с.

Гиршгорн Л.Ш., Соседков В.С. (1990). Условия формирования песчаных тел в склоновых отложениях неомской клиноформной толщи севера Западной Сибири. *Геология нефти и газа*, (3), с. 26–29.

Куркин А.А. (2019). Уточнение перспектив нефтегазоносности востока Ямала на основе детальной модели геологического развития: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Тюмень, 22 с.

Курчиков А.Р., Бородин В.Н. (2016). Характеристика геологического строения и нефтегазоносности неомского нефтегазоносного комплекса Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 200 с.

Курчиков А.Р., Бородин В.Н., Шелехов Н.П., Забоев К.О. (2010). Проблемы нефтегазоносности клиноформных образований неокома

Приуральной зоны Западной Сибири. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, (4), с. 4–10.

Наумов А.Л., Онищук Т.М., Дедюк Н.П., Иващенко А.Е., Романенков В.А., Шипицын В.В., Юдин А.Г. (1979). О литологических залежах углеводородов на севере Западной Сибири. *Геология нефти и газа*, (8), с. 15–20.

Нежданов А.А., Пономарев В.А., Туренков Н.А. (2000). Геология и нефтегазоносность ачимовской толщи Западной Сибири. М.: Изд-во Акад. горных наук, 246 с.

Alsop G.I., Marco Sh. (2012). A large-scale radial pattern of seismogenic slumping towards the Dead Sea Basin. *Journal of the Geological Society*, 169(1), pp. 99–110. <https://doi.org/10.1144/0016-76492011-032>

Moretti M., Sabato L. (2007). Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene Lacustrine deposits of the Saint' Arcangelo Basin (Southern Italy): Seismic shock vs. overloading. *Sedimentary Geology*, 196(1–4), pp. 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.05.012>

Mutti E., Lucchi F.R., Seguret M., Zanzucchi G. (1984). Seismoturbidites: A new group of resedimented deposition. *Marine Geology*, 55(1–2), pp. 103–116. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90135-X](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90135-X)

Seilacher A. (1969). Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology*, 13(1–2), pp. 155–159. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1969.tb01125.x>

Сведения об авторах

Владимир Николаевич Бородин – доктор геол.-минерал. наук, профессор кафедры Геология месторождений нефти и газа, Тюменский промышленный университет
Россия, 625016, Тюмень, ул. Мельникайте, д. 55, кв. 86
e-mail: komgort@mail.ru

Олег Аркадьевич Смирнов – кандидат геол.-минерал. наук, главный геолог, ООО «ИНГЕОСЕРВИС»
Россия, 625002, Тюмень, ул. Свердлова, д. 35, кв. 27

Статья поступила в редакцию 13.06.2023;
Принята к публикации 23.08.2023; Опубликована 30.09.2023

Morphotypes of Neocomian clinoform formations in the North of the West Siberian Lowland taking into account the features of sedimentation processes

V.N. Borodkin^{1,3*}, O.A. Smirnov^{2,3}

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

²INGEOSERVICE LLC, Tyumen, Russian Federation

³West Siberian Branch of the Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russian Federation

*Corresponding author: Vladimir N. Borodkin, e-mail: komgort@mail.ru

Abstract. In the article, based on a relatively deep-water clinoform model of the Achimov strata structure based on the analysis of sedimentological processes and 3D seismic data, the characteristics of the morphological types of clinoform formations, structural features and sedimentation of the Lower Cretaceous deposits in the zone of counter clinoforms are given, a new type of hydrocarbon traps is identified within this area, their seismic images are presented.

It is noted that in the zone of east-dip clinoforms (the Ural source of demolition), it is necessary to evaluate the prospects for oil and gas potential of the section based on the analysis of seismic and gravity survey and logging data, in order to predict fractured reservoirs.

Keywords: Yamal-Kara region, clinoform, morphotype, central part of sedimentation basin, source of demolition, hydrocarbon trap

Recommended citation: Borodkin V.N., Smirnov O.A. (2023). Morphotypes of Neocomian clinoform formations in the North of the West Siberian Lowland taking into account the features of sedimentation processes. *Georesury = Georesources*, 25(3), pp. 4–12. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.3.2>

References

- Alsop G.I., Marco Sh. (2012). A large-scale radial pattern of seismogenic slumping towards the Dead Sea Basin. *Journal of the Geological Society*, 169(1), pp. 99–110. <https://doi.org/10.1144/0016-76492011-032>
- Borodkin V.N., Kurchikov A.R. (2015). Characteristics of the geological structure and oil and gas potential of the Achimov oil and gas complex of Western Siberia. Novosibirsk: SB RAS Publ., 299 p. (In Russ.)
- Borodkin V.N., Kurchikov A.R., Nedosekin A.S., Smirnov O.A., Shestakova N.M. (2015). Clarification of the boundaries of Neocom seismic facies complexes within the water area of the Kara Sea. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy = Geology, Geophysics and development of oil and gas fields*, (11), pp. 14–24. (In Russ.)
- Borodkin V.N., Kurchikov A.R., Smirnov O.A., Lukashov A.V., Nedosekin A.S., Smirnov A.S., Kornev V.A. (2018). New elements of the sedimentological model of the clinoform section of the Achimov strata in the north of Western Siberia according to 3D seismic data. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy = Geology, Geophysics and development of oil and gas fields*, (11), pp. 4–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.30713/2413-5011-2018-11-4-12>
- Borodkin V.N., Smirnov O.A., Lukashov A.V., Plavnik A.G., Teplyakov A.A. (2022a). Sedimentological model of Cretaceous deposits of the Yamal Peninsula based on the integration of geological and geophysical data. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika = Petroleum Geology – Theoretical and Applied Studies*, 17(1). (In Russ.) http://www.ngtp.ru/rub/2022/6_2022.html

Borodkin V.N., Smirnov O.A., Lukashov A.V., Plavnik A.G., Teplyakov A.A. (2022b). Seismogeological model and prospects of oil and gas potential of Paleozoic-Mesozoic deposits of the north of Western Siberia based on 2D, 3D seismic exploration. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika = Petroleum Geology – Theoretical and Applied Studies*, 17(2). (In Russ.) http://www.ngtp.ru/rub/2022/18_2022.html

Borodkin V.N., Smirnov O.A., Lukashov A.V., Trusov A.I. (2023). Characteristics of the geological structure, assessment of the prospects of oil and gas potential of the Kara Sea water area on the basis of modern seismic exploration 2D, 3D. Tyumen: Vector Buk, 265 p. (In Russ.)

Girshhorn L.Sh., Neighbors V.S. (1990). Conditions for the formation of sand bodies in the slope deposits of the Neocomian clinoform strata of the north of Western Siberia. *Geologiya nefti i gaza*, (3), pp. 26–29. (In Russ.)

Kurchikov A.R., Borodkin V.N. (2016). Characteristics of the geological structure and oil and gas potential of the Neokomian oil and gas complex of Western Siberia. Novosibirsk: SB RAS Publ., 200 p. (In Russ.)

Kurchikov A.R., Borodkin V.N., Shelekhov N.P., Zaboiev K.O. (2010). Problems of oil and gas potential of clinoform formations of the Neocomian Urals zone of Western Siberia. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy = Geology, Geophysics and development of oil and gas fields*, (4), pp. 4–10. (In Russ.)

Kurkin A.A. (2019). Clarification of the prospects of oil and gas potential of the Yamal East on the basis of a detailed model of geological development. Abstract. Cand. geol. and mineral. sci. diss. Tyumen, 22 p. (In Russ.)

Moretti M., Sabato L. (2007). Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene Lacustrine deposits of the Saint' Arcangelo Basin (Southern Italy): Seismic shock vs. overloading. *Sedimentary Geology*, 196(1–4), pp. 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.05.012>

Mutti E., Lucchi F.R., Seguret M., Zanzucchi G. (1984). Seismoturbidites: A new group of resedimented deposition. *Marine Geology*, 55(1–2), pp. 103–116. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90135-X](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90135-X)

Naumov A.L., Onishchuk T.M., Dedyuk N.P., Ivashchenko A.E., Romanenkov V.A., Shipitsin V.V., Yudin A.G. (1979). About lithological deposits of hydrocarbons in the north of Western Siberia. *Geologiya nefti i gaza*, (8), pp. 15–20. (In Russ.)

Nejdanov A.A., Ponomarev V.A., Turenkov N.A. (2000). Geology and oil and gas potential of the Achimov strata of Western Siberia. Moscow: Acad. of mining sciences, 246 p. (In Russ.)

Seilacher A. (1969). Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology*, 13(1–2), pp. 155–159. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1969.tb01125.x>

About the Authors

Vladimir N. Borodkin – Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Professor of the Geology of the oil and gas fields Department, Tyumen Industrial University
55–89 Mel'nikayte st., Tyumen, 625016, Russian Federation

Oleg A. Smirnov – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Chief Geologist, INGEOservice LLC
35–27 Sverdlova st., Tyumen, 625002, Russian Federation

Manuscript received 13 June 2023;

Accepted 23 August 2023; Published 30 September 2023