

Эволюция Евразийского бассейна в дочетвертичное время по результатам интерпретации сейсмического профиля ARC1407A

Зайончек А.В.¹, Соколов С.Ю.¹, Соловьев А.В.^{1,2}

¹ГИН РАН, г. Москва, e-mail: a_zayonchek@mail.ru; ²ФГБУ «ВНИГНИ», г. Москва)

По мнению большинства геологов и геофизиков Евразийский бассейн (ЕБ) сформировался в кайнозойскую время в результате раздвижения Северо-Американской (СА) и Евразийской (ЕВ) плит [1, 3, 5, 8, 10]. Отличительной особенностью ЕБ является наличие мощного осадочного чехла в его глубоководных котловинах – Амундсена (КА) и Нансена (КН). Начиная с 2008 г. в рамках выполнения национальных программ, Россией, Норвегией и Данией в пределах ЕБ получен значительный объем сейсмических данных (рис. 1), интерпретация которых обобщена в серии научных работ [6, 7, 10]. Во всех работах сейсмостратиграфическая привязка выделяемых опорных отражающих горизонтов (ОГ) в осадочном чехле выполнялась классическим способом корреляции точек наложения ОГ на океанический фундамент с осями линейных магнитных аномалий (ЛМА) и результатам бурения скважины АСЕХ в центральной части хр. Ломоносова [4]. Не смотря на использование единой методологии интерпретации результаты сейсмостратиграфические в работах [6, 7, 10] существенно различаются. Ключевым отличием является выделение в работе [10] ОГ с возрастом формирования ~34 млн. лет, который не устанавливается в результатах интерпретации зарубежных сейсмических данных [6, 7].

С целью разрешения данного противоречия выполнена переинтерпретация ключевого отечественного сейсмического профиля ARC1407A [10], полностью пересекающего ЕБ в его центральной части и проходящего примерно в 50 км от скважины АСЕХ. Достоверность сейсмостратиграфической привязки в океанических срединных бассейнах напрямую зависит от надежности идентификации ЛМА, что обеспечивается качеством и плотностью магнитометрической информации (рис. 2). По своему географическому положению в КА профиль ARC1407A частично попадает в пределы современной аэромагнитной съемки [5], а в КН расположен в области покрытия ретроспективными аэромагнитными данными низкого качества [1] (рис. 3). Для проверки надежности идентификации ЛМА из работы [10] выполнены расчеты положения линий дрейфа и теоретического возраста океанической коры (рис. 4, 5). Для выполнения расчетов использовались определения конечных полюсов раскрытия для единичных хрон прямой геомагнитной полярности из работ [8, 9] (рис. 6) при допущении симметричности спрединга относительно хребта Гакеля, расположенного примерно по центру ЕБ.

Результаты расчетов свидетельствуют, что для КА, обеспеченной высокоточными аэромагнитными данными, положение реперных ЛМА (С5n.1ny, С6ny, С24no) из работы [10] и ТЛМА практически полностью совпадают и возникающие погрешности при пересчете на возраст формирования океанической коры <1 млн. лет. Исключение проявляют только для хроны С13ny, для которой разница в положениях между ЛМА и ТЛМА в пересчете на возраст составляет ~9 млн. лет. Для КН, обеспеченной на участке профиля ARC1407A ретроспективными аэромагнитными данными, погрешности определения положения ЛМА и ТЛМА в пересчете на возраст для хрон С5n.1ny и С6ny составляют ~5 млн. лет, а для С13ny ~12 млн. лет. Зафиксированная двукратная разница расстояний в положениях ЛМА С5n.1ny (~9.8 млн. лет) из работы [10] в КА и НА относительно центра рифтовой долины хребта Гакеля не может объясняться асимметричностью скорости спрединга в КА и НА, т.к. все предыдущие исследования показывают высокую степень симметричности спрединга в ЕБ в период <20 млн. лет [1, 5, 8]. Проведенный анализ позволил установить ошибочность определения положения идентифицированных в работе [10] ЛМА для отдельных участков профиля ARC1407A, расположенных в областях покрытия ретроспективными аэромагнитными данными с крайне низкой навигационной точностью. Результаты сейсмостратиграфической привязки ОГ для профиля ARC1407A (рис.1), проведенной на основе расчетов ТЛМА и результатов бурения скважины АСЕХ [4], показали хорошую сопоставимость с результатами аналогичных работ для западных частей КА и КН [6, 7]. Ранее выделяемый в работе [10] в ЕБ ОГ с возрастом формирования ~34 млн. лет назад [10] и связывающийся с прекращением спрединга в западной части Северной Атлантики и вхождением Гренландской плиты в состав Северо-Американской, не устанавливается, что аналогично исследованиям для западных частей КН [2, 7] и КА [6]. В результате переинтерпретации сейсмических данных для западной части КН из работы [7] в пределах сейсмического профиля ARC1407A установлен ОГ с возрастом ~26 млн. лет, ранее прослеженный в западной части КА [6]. Мощные осадочные отложения в верхней части разреза профиля ARC1407A в КН коррелируются с ранее выделенными в западной части котловины и являются глинисто-морскими отложениями позднеплиоценового-четвертичного возраста ~2.7 млн. лет [7]. По всей видимости, именно эти отложения фиксируются в восточной части рифтовой долины хр. Гакеля.

Работа выполнена при финансовой поддержке при поддержке Проекта РНФ №22-27-00578 “Новейшая и современная геодинамика Западной Арктики: эволюция и воздействие активных тектонических процессов на структурные элементы и осадочный чехол глубоководных котловин и шельфов”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Глебовский В.Ю., Каминский В.Д., Минаков А.Н., Меркурьев С.А., Чилдерс В.А., Брозина Дж.М. История формирования Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана: результаты анализа аномалий магнитного поля // Геология. 2006. № 4. С. 21–42.
- Зайончек А.В., Меркурьев С.А. Новые результаты идентификации линейных магнитных аномалий западной части котловины Нансена и их применение при сейсмостратиграфическом анализе // Геология морей и океанов. Мат-лы XXIV Междунар. научн. конф.-школы по морской геологии. М.: ИО РАН, 2021. Т. IV. С. 70–74.
- Карасик А.М. Евразийский бассейн Северного Ледовитого океана с позиции тектоники плит // Проблемы геологии полярных областей Земли / Под ред. И.С. Грамберга, В.М. Лаурукина, М.Г. Равича, Б.В. Ткаченко. Л.: НИИГА, 1974. С. 23–31.
- Backman J., Jakobsson M., Frank M., Sangiorgi F., Brinkhuis H., Stickley C., O'Regan M., Lovlie R., Palike H., Spofford D., Gattacecca J., Moran K., King J., Heil C. Age model and core-seismic integration for the Cenozoic ACEX sediments from the Lomonosov Ridge // Paleocceanography. 2008. V. 23. P. 1–15.
- Bratton J.M., Childers V.A., Lawler L.A., Gahagan L.M., Forsberg R., Faleide J.L., Eldholm O. New aerogeophysical study of the Eurasian Basin and Lomonosov Ridge: implications for basin development // Geology. 2003. V. 31. № 9. P. 825–828.
- Castro C.F., Knutz P.C., Hopper J.R., Funck T. Depositional evolution of the western Amundsen Basin, Arctic Ocean: Paleocceanographic and tectonic implications // Paleocceanograph. Paleoclimatol. 2018. V. 33.
- Engen Ø., Gjengedal J.A., Faleide J.L., Kristoffersen Y., Eldholm O. Seismic stratigraphy and sediment thickness of the Nansen Basin, Arctic Ocean // Geophys. J. Int. 2009. V. 176. P. 805–821.
- Gaina C., Roest W.R., Muller R.D. Late Cretaceous-Cenozoic deformation of northeast Asia // Earth Planet. Sci. Lett. 2002. № 197. P. 273–286.
- Merkuurev S., DeMets C. High-resolution Quaternary and Neogene reconstructions of Eurasia-North America plate motion // Geophys. J. Int. 2014. V. 198. P. 366–384.
- Nikishin A.M., Gaina C., Petrov E.I. et al. Eurasia Basin and Gakkel Ridge, Arctic Ocean: Crustal asymmetry, ultra-slow spreading and continental rifting revealed by new seismic data // Tectonophysics. 2018. V. 746. P. 64–82.

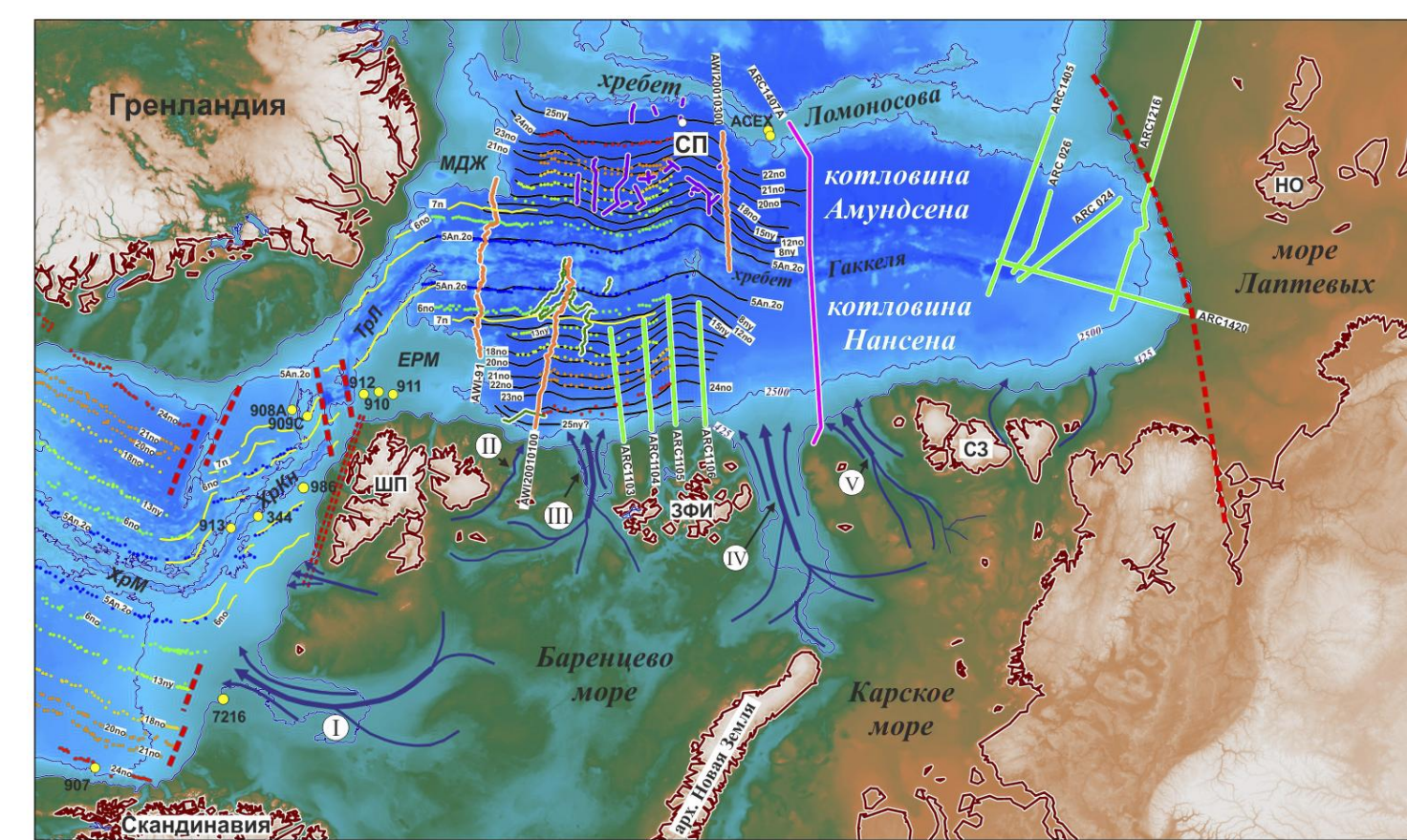


Рис. 1. Обзорная схема рельефа дна Евразийского и северной части Норвежско-Гренландского бассейнов. Основа: цифровая модель рельефа IBCAO v.4.

Сокращения: СП – Северный полюс; ШП – арх. Шпицберген; ЗФИ – арх. Земля Франца-Иосифа; СЗ – арх. Северная Земля; НО – Новосибирские острова; ЕРМ – плато Ермак; МДЖ – поднятие Моррис Джесуп.

Обозначено: I – Медвежинский трог; II – трог Орла; III – желоб Франц-Виктории; III – желоб Св. Анны; V – желоб Воронина.

1 – положение скважины бурения; 2 – основные трансформные разломы; 3 – мегатрансформная зона Де-Гир; 4 – основные направления сноса ледниково-морских осадков; 5 – изобаты 425 м, 2500 м; 6–10 – положение сейсмических профилей: 6 – AWI (Германия), 7 – NPD (Норвегия), 8 – LOMROG (Дания), 9 – ARC (Россия), 10 – ARC1407A (Россия); 11–13 – оси линейных магнитных аномалий.

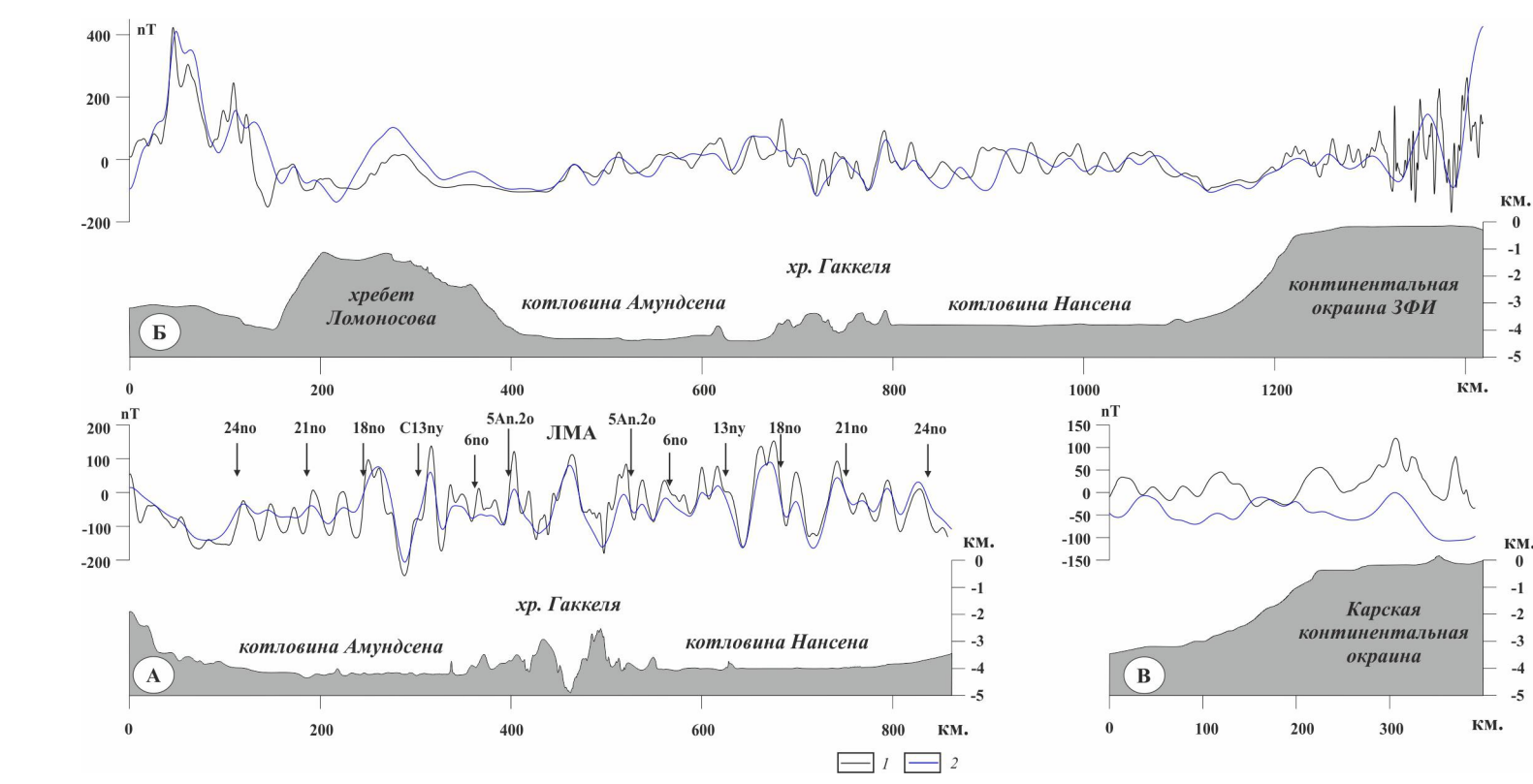


Рис. 3. Сравнение наблюдаемых кривых аномального магнитного поля с извлеченными из цифровой модели аномального магнитного поля CAMP-GM [63, 67, 77] вдоль линейной аэромагнитных профилей (положение см. на рис. 2. Рельеф извлечен из цифровой модели рельефа IBCAO v.4 [77]).

(а)–(а) – профили: (а) – NRL-75002; (б) – NRL-99019; (в) – ПМГР3-2000010. Сокращения: ЛМА (5n.20–24no) – положение идентифицированных линейных магнитных аномалий, 1–2 – кривые аномального магнитного поля: 1 – наблюдаемые, 2 – извлеченные из цифровой модели CAMP-GM

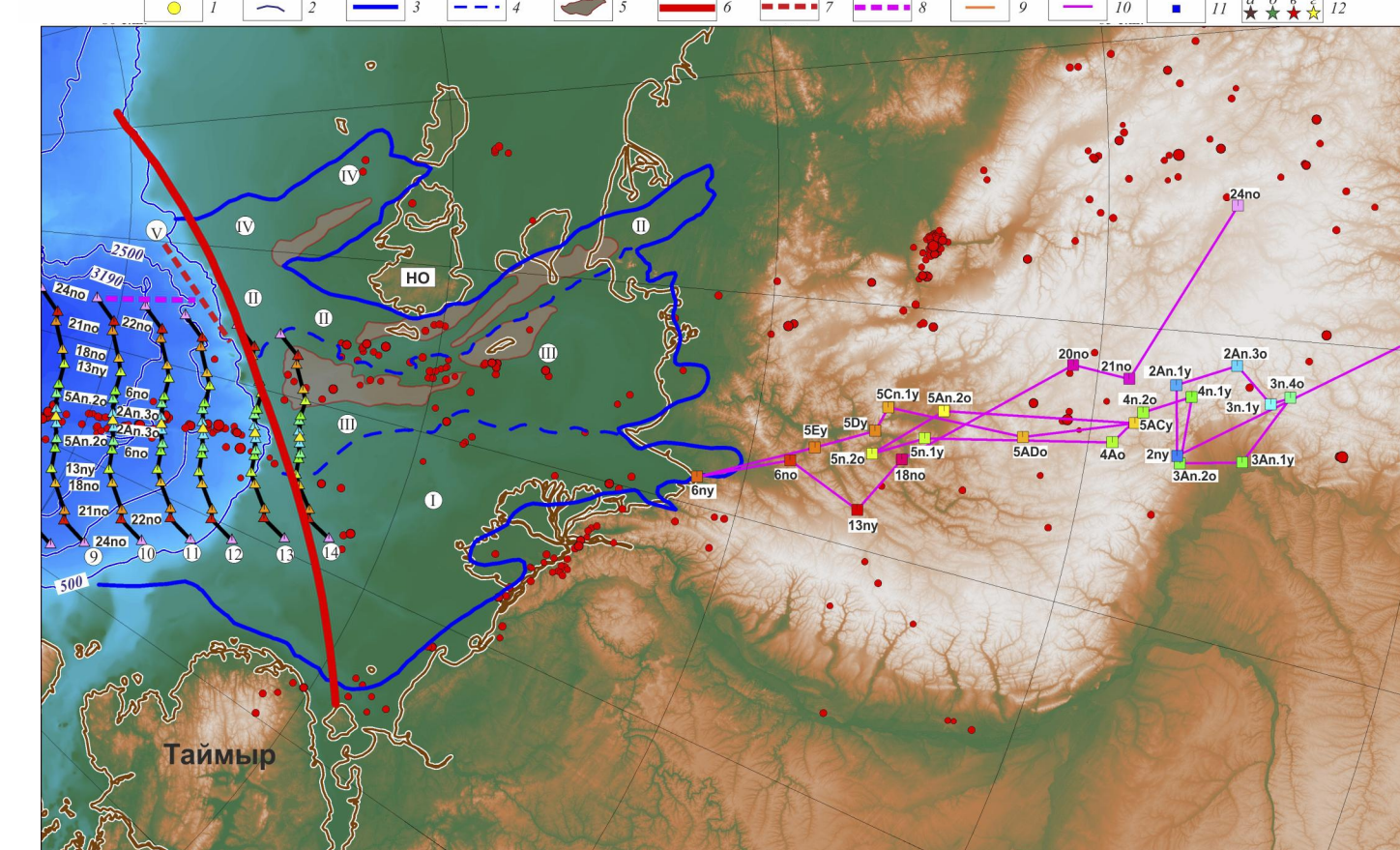
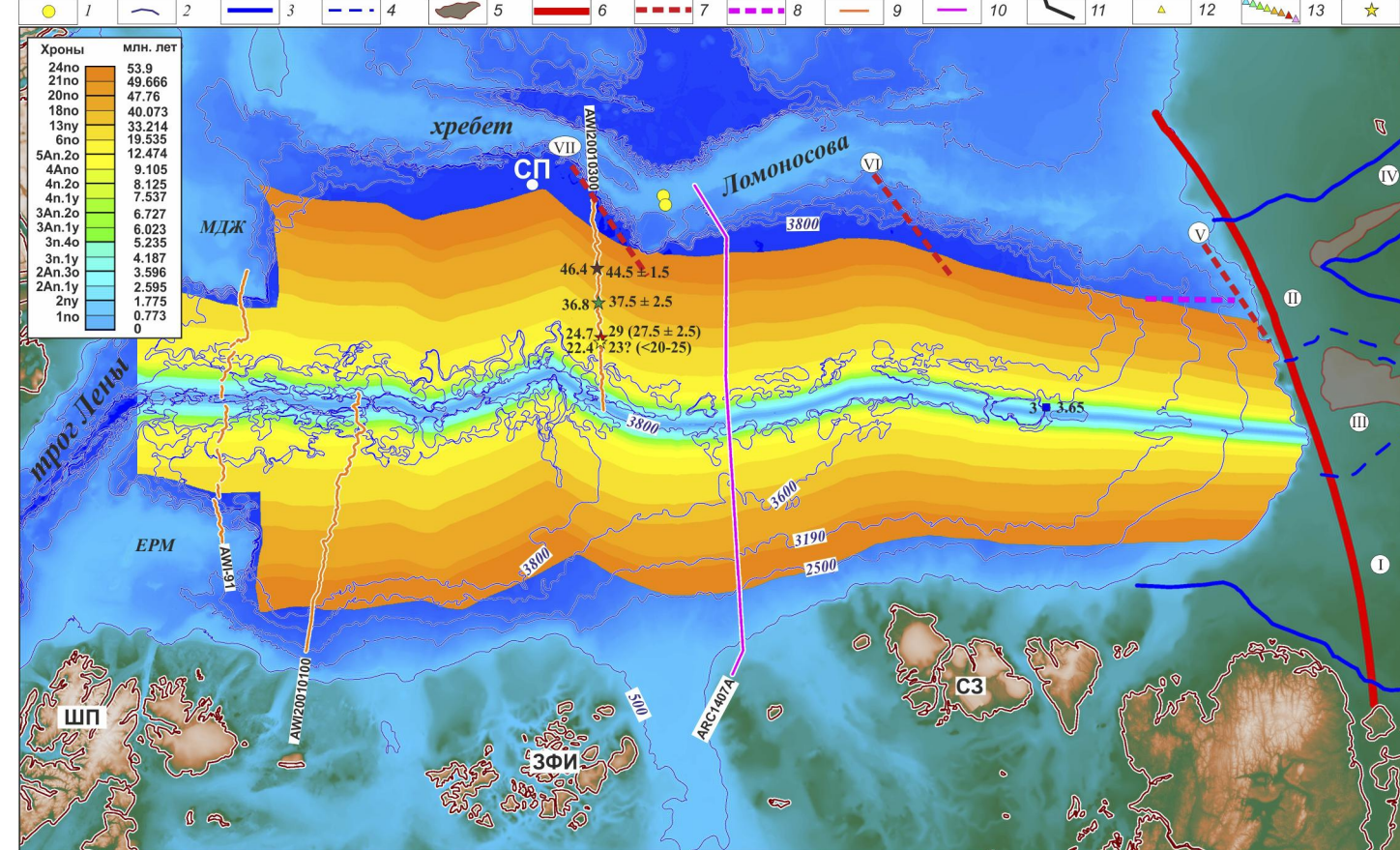
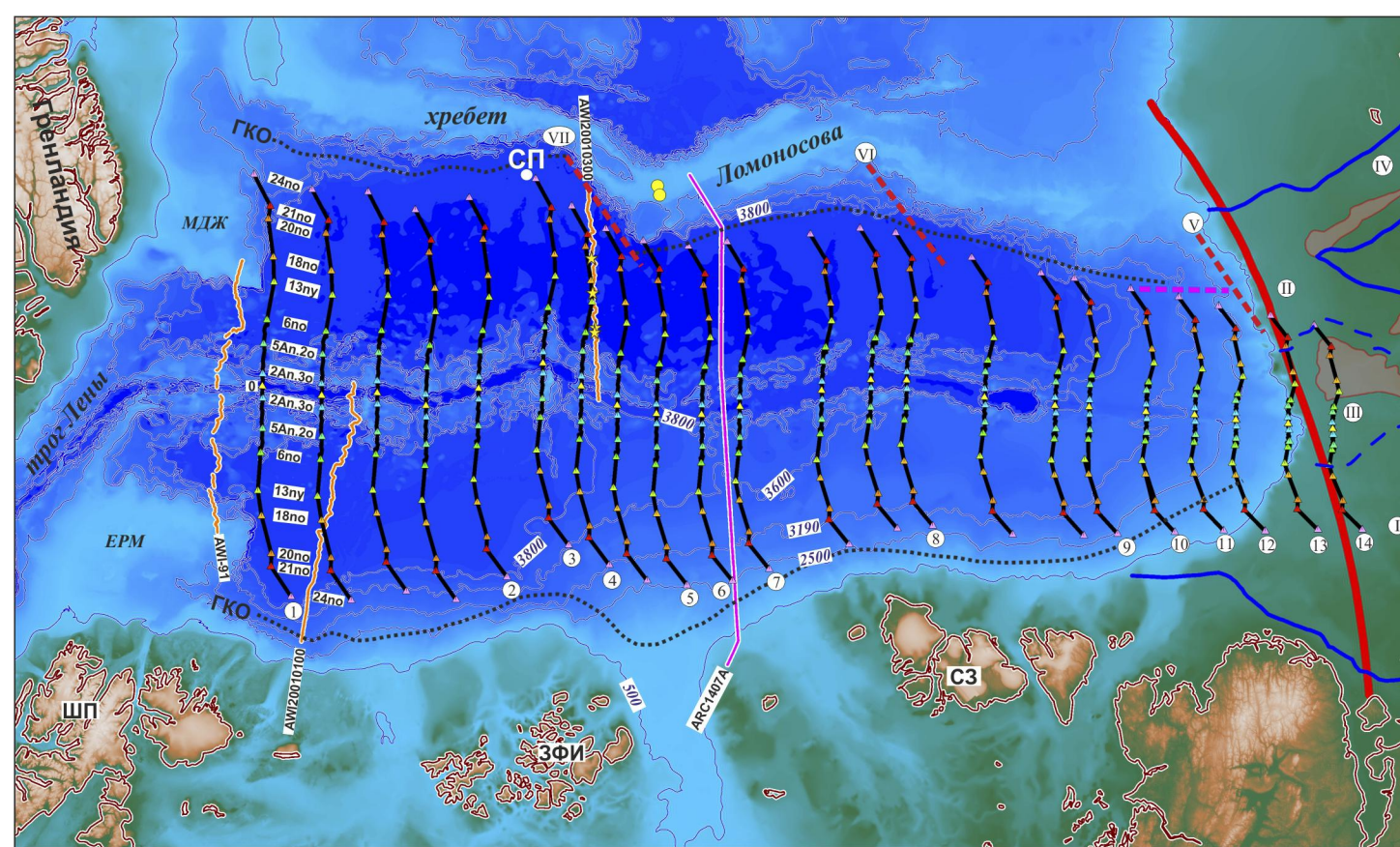


Рис. 4. Положение линий дрейфа в Евразийском бассейне. Основа: цифровая модель рельефа IBCAO v.4.

Обозначены (арабские цифры) номера линий дрейфа.

Сокращения: СП – Северный полюс; ШП – арх. Шпицберген; ЗФИ – арх. Земля Франца-Иосифа; СЗ – арх. Северная Земля; ЕРМ – плато Ермак; МДЖ – поднятие Моррис Джесуп; ГКО – граница континент-океан.

I–IV – рифтогенная система моря Лаптевых (структуры 1-го порядка), (по [28, 52]): I – Усть-Ленский рифтогенный бассейн, II – рифтовая зона Анжу, III – Восточно-Лаптевская провинция горстов и грабенов, IV – Новосибирский рифт; V–VI – предполагаемые раннекайнозойские палеотрансформные разломы в котловине Амундсена: V – Восточно-Ломоносовский, VI – Центрально-Ломоносовский, VII – Центрально-Ломоносовский.

1 – положение скважины бурения АСЕХ; 2 – изобаты 500, 2500, 3190, 3600 и 3800 м.; 3–4 – контуры структур (I–IV) рифтогенной системы моря Лаптевых; 3 – рифтовой системы, 4 – структур 1-го порядка; 5 – основные поднятия; 6 – предполагаемое положение Хатангско-Ломоносовской зоны разломов; 7–8 – положение предполагаемых структур в котловине Амундсена (V–VII); 7 – раннекайнозойские палеотрансформные разломы, 8 – Восточно-Амундсеновский палеорифт; 9–10 – сейсмические профили: 9 – AWI (Германия), 10 – ARC1407A (Россия); 11 – теоретические линии дрейфа; 12 – положение центра рифтовой долины; 13 – теоретическое положение реперных хрон (2An.30–24no); 14 – точки налегания кровли ключевых осадочных толщ на океанический ф фундамент вдоль линии сейсмического профиля AWI20010300 (Толщи: Unit-1a, Unit-1b, Unit-1c, Unit-2, см. рис. 5 и рис. 9)

Рис. 5. Теоретический возраст формирования океанической коры Евразийского бассейна. Основа: цифровая модель рельефа дна IBCAO v.4.

Сокращения: СП – Северный полюс; ШП – арх. Шпицберген; ЗФИ – арх. Земля Франца-Иосифа; СЗ – арх. Северная Земля; ЕРМ – плато Ермак; МДЖ – поднятие Моррис Джесуп. I–IV – рифтогенная система моря Лаптевых; I – Усть-Ленский рифтогенный бассейн, II – рифтовая зона Анжу, III – Восточно-Лаптевская провинция горстов и грабенов, IV – Новосибирский рифт; V–VII – предполагаемые раннекайнозойские палеотрансформные разломы в котловине Амундсена: V – Восточно-Ломоносовский, VI – Центрально-Ломоносовский, VII – Центрально-Ломоносовский.

1 – положение скважины бурения АСЕХ; 2 – изобаты 500, 2500, 3190, 3600 и 3800 м.; 3–4 – контуры структур рифтогенной системы моря Лаптевых; 3 – рифтовой системы, 4 – структур 1-го порядка (I–IV); 6 – предполагаемое положение Хатангско-Ломоносовской зоны разломов; 5 – основные поднятия; 7–8 – положение предполагаемых структур в котловине Амундсена: 7 – раннекайнозойских палеотрансформных разломов в котловине Амундсена (V–VII), 8 – Восточно-Амундсеновского палеорифта; 9–10 – реперные сейсмические профили: 9 – AWI (Германия), 10 – ARC1407A (Россия); 11 – точка драгирования молодых базальтов (справа от точки указан возраст в млн лет по результатам геохронологических исследований. Слева указан теоретический возраст в млн лет); 12 – точки налегания кровли ключевых осадочных толщ на океанический фундамент вдоль линии сейсмического профиля AWI20010300. Слева от точек указан возраст и погрешность определения в млн лет. Слева указан теоретический возраст в млн лет: а – Unit-1a; б – Unit-1b; в – Unit-1c; г – Unit-2 (см. рис. 8)

Рис. 6. Положение мгновенных полюсов раскрытия для Евразийской и Северо-Американской литосферных плит. Основа: цифровая модель рельефа IBCAO v.4.

Сокращения: НО – Новосибирские острова. I–IV – рифтогенная система моря Лаптевых: I – Усть-Ленский рифтогенный бассейн, II – рифтовая зона Анжу, III – Восточно-Лаптевская провинция горстов и грабенов, IV – Новосибирский рифт; V – предполагаемый раннекайнозойский палеотрансформный разлом в котловине Амундсена: V – Восточно-Ломоносовский.

1 – землетрясения в диапазоне 3.3–6.9 М (интенсивность пропорциональна размерам); 2 – изобаты 500, 2500, 3190, 3600 и 3800 м.; 3–4 – контуры структур (I–IV) рифтогенной системы моря Лаптевых (по [28, 52]); 3 – рифтовой системы, 4 – структур 1-го порядка; 5 – основные поднятия; 6 – предполагаемое положение Хатангско-Ломоносовской зоны разломов, 7–8 – положение предполагаемого: 7 – раннекайнозойского палеотрансформного разлома (V) в котловине Амундсена, 8 – Восточно-Амундсеновского палеорифта; 9 – линия дрейфа; 10 – центр рифтовой долины; 11 – теоретическое положение реперных хрон (2An.30–24no); 12 – кривая миграции мгновенных полюсов раскрытия; 13 – положение мгновенных полюсов раскрытия

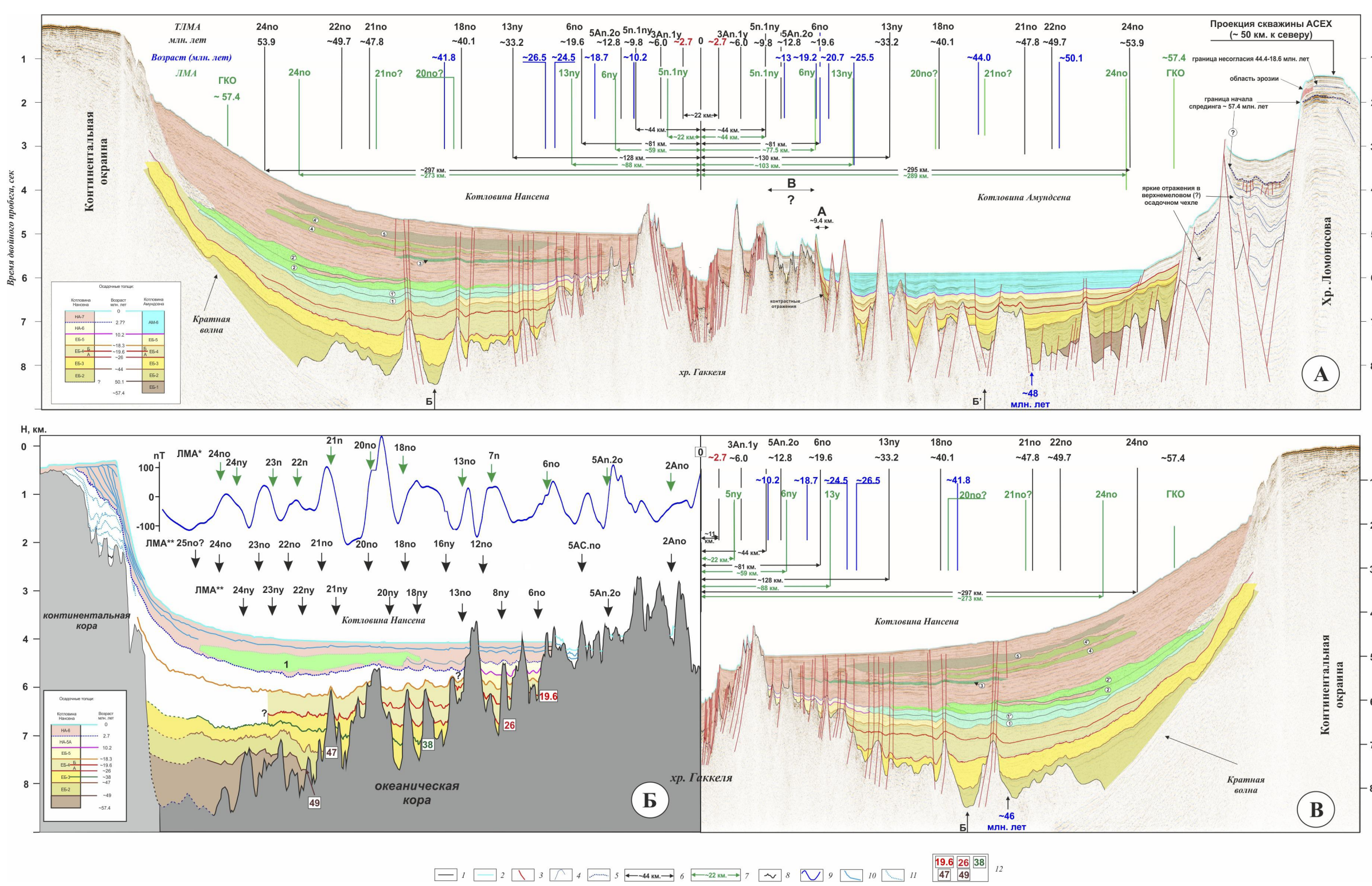


Рис. 7. Сейсмостратиграфическая привязка сейсмических профилей ARC1407A и AWI20010100, с изменениями и дополнениями.

(а) – временной разрез по сейсмическому профилю ARC1407A; (б) – глубинный разрез по сейсмическому профилю AWI20010100; (в) – зеркальное отображение временного разреза части сейсмического профиля ARC1407A в котловине Нансена.

Обозначено:
ТЛМА – положение теоретических осей линейных магнитных аномалий и их возраст (млн лет) в соответствии со шкалой инверсий геомагнитного поля (GTS); ЛМА – положение осей линейных магнитных аномалий [10]; ЛМА* – оси линейных магнитных аномалий и их индексация [7]; ЛМА** – оси линейных магнитных аномалий; ГКО – граница перехода континент-океан [10] и возраст формирования в соответствии со шкалой инверсий геомагнитного поля (GTS2020); А – область быстрого воздымания палеоборта рифтовой долины; Б, Б' – симметричные межгорные впадины в котловинах Нансена и Амундсена относительно центра рифтовой долины хр. Гакеля с незначительным смещением (~2 млн лет) теоретического возраста формирования океанической коры; В – область неопределенности трассирования сейсмических горизонтов в котловине Амундсена; 1, 1'; 2, 2'; 3, 4, 4' и 5 – области значительной или частичной потери корреляции сейсмического сигнала, интерпретируемые как подводящие оползни и турбулентные потоки). Возраст (млн лет) – теоретический возраст океанического фундамента в точках налегания кровли выделяемых осадочных толщ. Точки возрастом 2.7 млн лет (красным) определены методом линейной интерполяции между ближайшими ТЛМА.
1 – рельеф фундамента; 2 – поверхность дна над осадочным чехлом; 3 – разломы; 4 – выделяемые границы в осадочном чехле хр. Ломоносова; 5 – предполагаемое положение выделенной границы в осадочном чехле на хр. Ломоносова, соответствующее началу спрединга в Евразийском бассейне; 6–7 – расстояние от центра рифтовой оси до: 6 – теоретических осей линейных магнитных аномалий, 7 – осей линейных магнитных аномалий; 8 – поверхность океанического фундамента; 9 – кривая аномального магнитного поля; 10 – возраст океанической коры в местах налегания кровли осадочных толщ (млн лет)

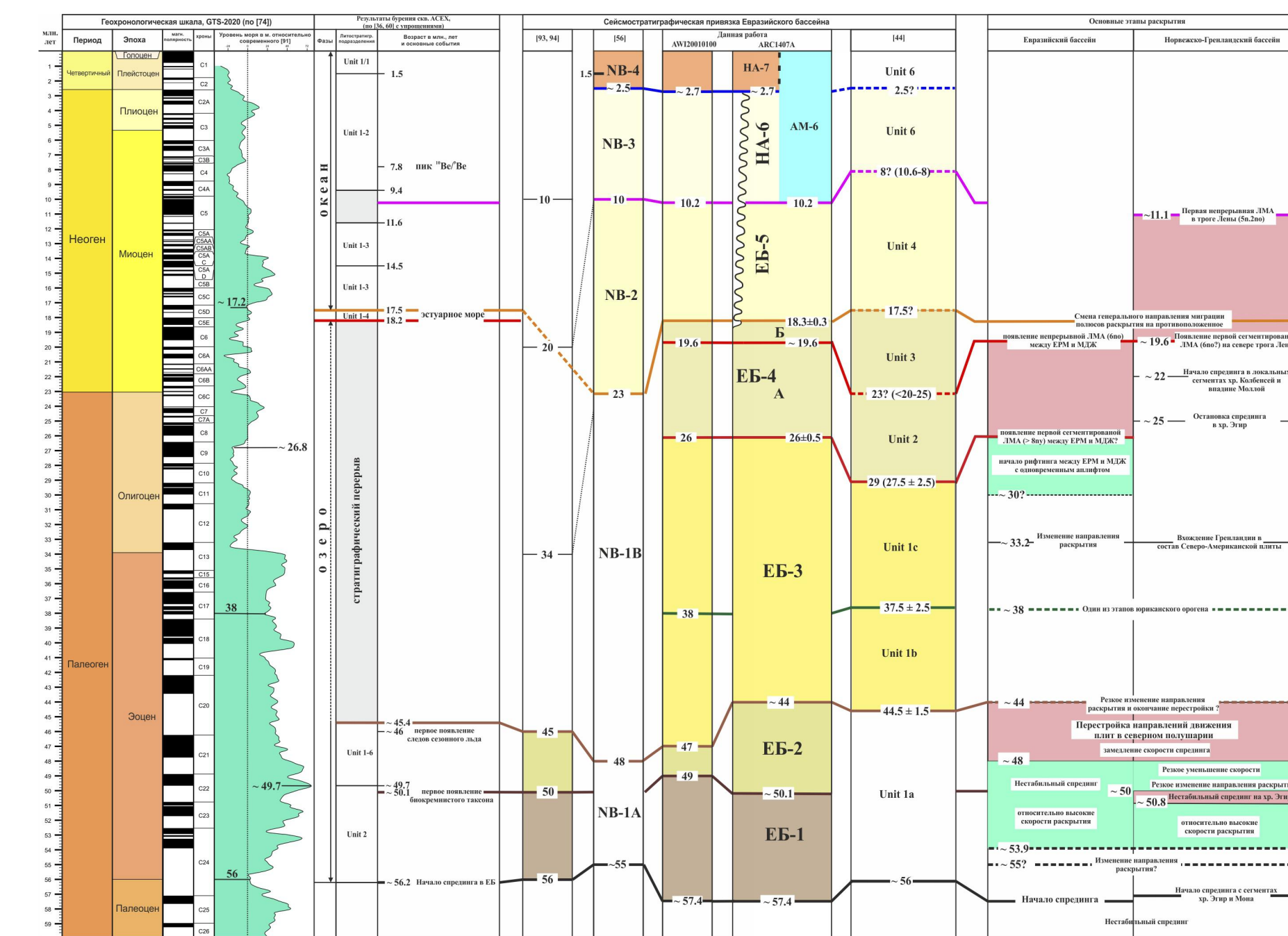


Рис. 8. Схема сейсмостратиграфической привязки осадочных отложений вдоль линии профиля ARC1407A и ее корреляция с результатами бурения скважины АСЕХ и основными тектоническими этапами развития Норвежско-Гренландского и Евразийского бассейнов