

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РИФТОВЫХ И ШОВНЫХ МОРФОСТРУКТУР СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ В КВАРТЕРЕ

В.А. Друщиц

Геологический институт РАН, drouchits@ginras.ru

Рассмотрено геологическое развитие в квартере сквозных морфоструктурных ансамблей, пересекающих Северо-Восток России в субмеридиональном и субширотном направлениях. Рифтовый бассейн моря Лаптевых прослеживается от хребта Гаккеля до верховьев р. Индигирки. Колючинско-Мечигменский рифт протягивается от Берингова моря через Чукотский полуостров до котловины Подводников. Южно-Аньюский коллизийный шов распространяется от Берингова моря практически через весь Северо-Восток России до моря Лаптевых. В квартере для этих морфоструктур характерно проявление вертикальных и горизонтальных движений, сейсмичности, вулканизма, разгрузки термальных вод. Новейшие движения влияют на положение границы между сушей и морем, между реликтовыми гляциальными и перигляциальными зонами. Локальные неотектонические блоковые структуры консервируют реликтовые осадочные образования — ледовый комплекс (едома).

Ключевые слова: рифтовая система моря Лаптевых, Колючинско-Мечигменская рифтовая система, Южно-Аньюская сутура, новейшая тектоника, квартал.

DOI: 10.34756/GEOS.2019.4.77-7

Введение

По данным современных геологических и геофизических исследований выделяются сквозные морфоструктурные ансамбли, которые прослеживаются от континента через шельф и далее к большим глубинам океана. Они имеют разный возраст, не одинаково выражены в современном рельефе, различные процессы участвовали в их образовании, но в четвертичном периоде наступает время некоторых общих закономерностей в их развитии. Пожалуй, самый известный и в большей степени изученный — сквозной морфоструктурный ансамбль в Арктическом регионе: срединно-океанический хребет Гаккеля – рифтовая система моря Лаптевых – Момо-Селенняхская рифтовая система (I), протягивающаяся на значительное расстояние вглубь суши. Этот ансамбль является ключевой структурой для всего осадочного бассейна моря Лаптевых. Не менее интересны в своем развитии Колючинско-Мечигменский-Геральда рифтовый морфоструктурный ансамбль (II), заложение которого произошло в триасе, а в настоящее время это современная структура рас-

тяжения, влияющая на процессы рельефо- и осадкообразования. Южно-Аньюский коллизийный шов (III) на своем протяжении пересекает зону растяжения (Берингов пролив) на востоке и, видимо, на западе зону сжатия (восточная часть моря Лаптевых). Морфоструктуры I и II имеют субмеридиональное направление, морфоструктура III – субширотное (рис. 1). Эти морфоструктурные ансамбли оказывают существенное влияние на развитие Северо-Востока России в квартере. Первый представляет собой дивергентную границу между Евразийской и Северо-Американской плитами; второй находится в зоне взаимодействия Северо-Американской и Тихоокеанской плит. Южно-Аньюский древний коллизийный шов, который прослеживается от Берингова моря, пересекает Чукотскую область и почти половину южной части Восточно-Сибирского моря и продолжается в море Лаптевых. Южно-Аньюская сутура разграничивает мезозойские складчатые системы Верхоянья и Новосибирско-Чукотские [Соколов и др., 2015; Drachev, 2016].

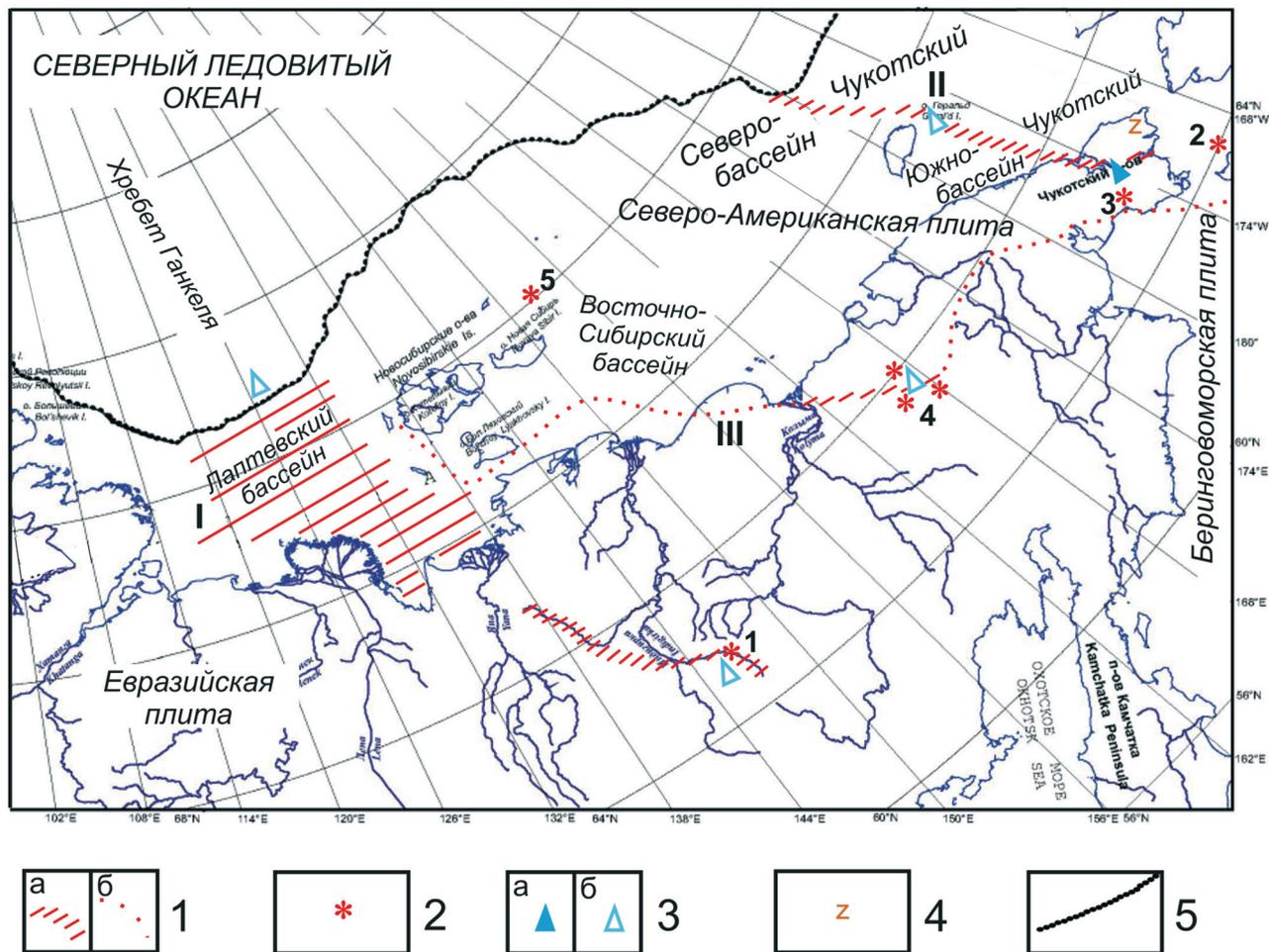


Рис. 1. Сквозные структуры Северо-Востока России

1 – сквозные структуры: а) установленные, б) предполагаемые. I – рифтовый морфоструктурный ансамбль моря Лаптевых; II – рифтовый Колочинско-Мечигменский морфоструктурный ансамбль; III – Южно-Анхойский коллизионный шов; 2 – вулканы (1 – Балаган-Тас, 2 – Кукулигит, 3 – Энмеленская группа, 4 – Анхойская группа, 5 – вулканы о-ов Де Лонга); 3 – термальные воды: а) определенные, б) установленные по косвенным признакам; 4 – современный рифт; 5 – край шельфа

Fig. 1. Cross cutting structures of the Russian Northeast

1 – cross cutting structures: a) determined, б) inferred. I – Laptev Sea rift morphostructure; II – Koluchinsk-Mechigmen rift morphostructure; III – South Anyui collisional suture; 2 – Volcanos (1 – Balagan-Tas, 2 – Kookooligit, 3 – Enmelen group, 4 – Anuyi group, 5 – De Long Islands group); 3 – hydrothermal water: a) determined, b) installed on indirect features; 4 – recent rift; 5 – shelf edge.

В квартере эти ансамбли в морской части находятся под влиянием трансгрессивно-регрессивных циклов, а на континенте пересекают горные массивы и низменности, реликтовые ледниковые и современные перигляциальные зоны с мощным комплексом многолетнемерзлых пород. Все вышперечисленные морфоструктуры находятся под влиянием различных процессов новейшей тектоники. Можно отметить **общие проявления новейшей тектонической активности** (таблица) в зонах рассматриваемых морфоструктурных ансамблей. Обнаружена разгрузка гидротермальных вод в Момо-Селенняхской рифтовой системе и на краю шельфа моря Лаптевых, в зоне предполагаемого контакта с хребтом Гаккеля. В центральной части Южно-

Анхойской сутуры (междуречье рек Большой и Малый Анхой) наблюдается развитие многолетних наледей за счет разгрузки речных и грунтовых вод (по неотектоническим нарушениям). Колочинско-Мечигменский рифтовый морфоструктурный ансамбль известен по активным гидротермальным проявлениям на Чукотском п-ове, а также по косвенным признакам определена разгрузка гидротерм в грабене Геральда [Поляк и др., 2010; Астахов и др., 2013; Drachev et al., 2003]. И как не удивительно, все эти разновозрастные морфоструктурные ансамбли сопровождается активная вулканическая деятельность, начиная с позднего кайнозоя вплоть до исторического времени. В зоне простираения морфоструктурного ансамбля III фиксируются проявле-

ния четвертичного вулканизма: на крайнем востоке, на острове Св. Лаврентия (вулкан Кукулигит), на Чукотке (Энмеленская группа) и в центральной части (Аннойская группа) [Добрецов др., 2013]. Большие площади вышеназванных морфоструктурных ансамблей находятся в зонах развития сейсмичности. Особенно сильные землетрясения возникают в море Лаптевых и на северо-восточном побережье и прилегающем шельфе Чукотки [Имаева et al., 2017]. В морфоструктурных ансамблях I и II в квартере формируются рифты: Момо-Селенняхский (средний неоплейстоцен), Геральда (квартер) и Кооленский (современный) [Сакулина и др., 2011; Курткин и др., 2015; Имаева et al., 2017].

Геологическое развитие сквозных морфоструктурных ансамблей в квартере

На карте современной геодинамики [Levi, 2014] центральная часть моря Лаптевых и Вос-

точная Чукотка отнесены к областям растяжения, где σ_z (вертикальное напряжение сжатия) $> \sigma_x$ (максимальное напряжение сжатия) $> \sigma_y$ (минимальное напряжение сжатия). По этим областям проходит вся морфоструктура I и континентальная часть морфоструктуры II. От Новосибирских островов через шельф и приморские низменности до Восточной Чукотки простирается область тектонически нейтрального напряженного состояния верхней части литосферы, где $\sigma_z > \sigma_x = \sigma_y$. Именно в этой области находится большая часть Южно-Аннойской сутуры (III). Для оценки состояния тектонической активности, в новейший и современный этапы развития, в зонах рассматриваемых, морфоструктурных ансамблей была составлена таблица, в которую вошли данные, опубликованные в различных литературных источниках: С.А. Лаухин с соавторами [1986], Ю.А. Павлидис с соавторами [1998], В.С. Имаев с соавторами [2000], Ю.А. Владимирцева с соавторами [2001],

Таблица. Характеристики тектонической активности сквозных структур Северо-Востока России в квартере

Окраина Характеристики	Лаптевоморская		Восточно-Сибирская		Чукотская	
	Суша	Море	Суша	Море	Суша	Море
Мощность четвертичных осадков (м)	0–100 побережье ≥ 200 Момо-Селенняхский рифт	Первые метры–500	≤ 60	≥ 110 устье р. Колымы	130	≥ 100
Мощность голоценовых осадков (м)	0–6	15	17		10	≥ 25
Скорость седиментации в голоцене (мм/год)		0,8–1,8		Запад 0,15–0,20 Восток 0,06		0,9
Магнитуда землетрясений	7	5	4	4–5	7	4–6
Скорость вертикальных движений (мм/год)	0,0–4,0 Момо-Селенняхский рифт	Запад 1,1–2,0 Центр 0,0– -1,9 Восток -2,0– -4,9	3,1–4,0	3,1–4,0	Северный берег – 0,6–2,3 Южный – -2 – -4	
Амплитуда вертикальных движений (мм/год)	-100 – +100 (Момо-Селенняхский рифт)	-50 – -1000	-200 – +500	- 100 – -1000	- 0 – +200	- 50 – -1000
Скорость горизонтальных движений (мм/год)	5 (Момо-Селенняхский рифт, сжатие)	7–12 (растяжение)				
Позднекайнозой- современный вулканизм	Вулкан Балаган-Тас			Острова Де Лонга		
Термальные воды	Момо-Селенняхский рифт	Край шельфа у хребта Гаккеля			Колючинско-Мечигменский рифт	Грабен Геральда
Рифтообразование в квартере	Момо-Селенняхский рифт				Кооленский рифт	Грабен Геральда

Т.А. Андиева [2008], Т.С. Сакулина с соавторами [2011], В.Ю. Тимофеев с соавторами [2012], Д.Ю. Большаинов с соавторами [2014], А.Т. Баранская [2015], С.В. Курткин с соавторами [2015], М.В. Герцева с соавторами [2016], Е.Г. Вологина с соавторами [Vologina et al., 2018]. Амплитуды новейших тектонических движений приводятся по карте 2007 года [Карта амплитуд..., 2007].

По результатам систематизации доступных количественных характеристики новейших тектонических и седиментационных процессов можно сделать следующие выводы: мощность четвертичных осадков в акватории уменьшается в восточном направлении, а на суше минимальные мощности определены для прибрежной низменности Восточно-Сибирского моря. Впрочем, распределение мощностей осадков, в большей степени зависит от структурной принадлежности и от окружающего рельефа. Скорости вертикальных движений имеют значения одного порядка, но разный знак (доминирует опускание). Величины амплитуд вертикальных движений – практически однозначны в акватории и весьма различны на суше. Что касается голоценового времени, то наблюдаются максимальные скорости седиментации в морфоструктурах I и II и некоторое выравнивание мощностей осадков этого возраста как на суше, так и в акватории.

Практически вся акватория в позднем кайнозое опустилась на 1000 м. Изменение знака вертикальных движений происходит по протяжению большей части береговой зоны Восточной Арктики [Атлас..., 2004]. На этом фоне выделяется Яно-Колымская низменность, где 0-граница тектонических деформаций проходит по линии разграничивающей возвышенные и равнинные пространства [Карта новейшей..., 1977]. Континентальная часть региона отличается более дифференцированными вертикальными движениями. На суше рифтовая зона (I) имеет амплитуду +100 – -100 для Момо-Селенняхского рифта, окружающие его хребты поднимались на +600–1000 м, На Чукотском п-ове морфоструктурный ансамбль (II) в квартере воздымается на +200 м. Субширотная морфоструктура (III) в районе Анюйского хребта поднимается на 1000 м, а в Бельковско-Святоносском грабене опускается на 1000 м (море Лаптевых).

По данным сейсмопрофилирования, начиная с позднего кайнозоя во всех морях Восточной Арктики докайнозойский рельеф начинает выравниваться. В голоцене акватории восточно-арктических морей представляют собой достаточно выровненные пространства с уклоном на север и северо-запад на западе, и с уклоном на север и северо-восток в центральной и восточных частях. Некомпенсированными остаются

центральные части рифтовых систем. Особенно четко это выражено в рифтовых системах морей Лаптевых и Чукотского. Здесь выделяются центральная, субмеридиональная часть бассейна моря Лаптевых и субширотные понижения рельефа в Северо-Чукотском и Южно-Чукотском бассейнах Чукотского моря [Sokolov, Mazarovich, 2016]. Континентальная часть региона отличается контрастным высокогорным, среднегорным и низкогорным рельефом, прибрежные области, в основном, представляют собой низменные пространства, за исключением Чукотского п-ова, где береговая зона существенно суживается и возвышенности подходят близко к берегу.

На акватории тектонические нарушения, как правило, не затрагивают четвертичный осадочный покров. Основным рельефообразующим процессом в квартере становятся трансгрессивно-регрессивные циклы, что приводит к доминированию процессов аккумуляции на большей части шельфа. Особенно ярко эта тенденция в развитии рельефа проявляется с плейстоцена. Именно в это время, то есть в новейший этап неотектонической активности происходит некоторое затухание деформаций в акватории и развитие восходящих движений на суше. Результатом такого тектонического сценария на фоне глобального похолодания стало формирование криолитозоны, центров оледенения на суше и льдов на акватории. Палеодолины шельфа, заложенные в конце позднего миоцена, постепенно смещаются к востоку. Они слабо выражены в батиметрии шельфа.

Для новейшего этапа тектонической активности характерны блоковые движения, что достаточно уверенно подтверждается данными по распределению скоростей вертикальных и горизонтальных движений и по характеристикам рельефа на крупномасштабных батиметрических и топографических картах, и при морфоструктурном анализе космо- и аэрофотоснимков. Эта система перемещений особенно хорошо фиксируется в дельтовых областях и в береговой зоне морфоструктурных ансамблей I, II и III [Атлас..., 2004; Баранская, 2015; Imaeva et al., 2017].

Более древняя Южно-Анюйская сутура, начиная с раннего кайнозоя, в районе нижнего течения Колымы и далее на запад, оказывается в области стабильного погружения и находится в бассейнах морей Восточно-Сибирского и Лаптевых. В восточной ее части (юго-восточный шельф Чукотского п-ова) этот процесс начинается в плейстоцене [Атлас..., 1991]. В районе междуречья Малого и Большого Анюя располагается достоверно определенная часть Южно-Анюйской сутуры [Соколов и др., 2015] – это часть Южно-Анюйского

(Аньюйского) хребта с низкогорным и среднегорным рельефом, который восточнее перекрывается осадками Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса. Рельеф этой области наследуется от конца мезозоя. Унаследованные активные разломы северо-западного простирания ограничивают и долины рек Большой и Малый Анюй, и собственно Южно-Аньюйский хребет. Нарушения северо-восточного простирания в свою очередь разбивают эту структуру на серию разновысоких новейших блоков ромбовидной формы. В четвертичное время установлена активизация в различных режимах для разлома, ограничивающего Южно-Аньюйский хребет с юго-юго-запада: как сжатия на западе-северо-западе, так и растяжения на восток-юго-востоке [Сим и др., 2019]. Северное побережье залива Креста представляет собой веер из 4 грабенообразных впадин, образованных в новейший тектонический этап.

Можно отметить, что морфоструктурный ансамбль (I) и ограничивающие его тектонические нарушения имеют северо-западное простирание. Морфоструктурный ансамбль (II) меняет свое направление при переходе в акваторию Чукотского моря с северо-западного на субмеридиональное. Современный рифт (Кооленский) локализуется в северо-восточном направлении. Морфоструктурный ансамбль (III) имеет общее северо-западное простирание, но новейшие тектонические дислокации в центральной и восточной частях закладываются в северо-восточном направлении.

Трансгрессивно-регрессивные циклы становятся основным осадкообразующим процессом на шельфе и смежных с ним приморских низменностях, неоднократно затапливаемых в квартере. Четвертичный осадочный покров представляет собой разнообразное сочетание морских и континентальных осадков. Для этой области выделяется особый литологический тип отложений – ледовый комплекс (едома), который сформировался в перигляциальных условиях, но до сих пор сохранился как в субаквальных, так и в субаэральных условиях. Для возвышенностей и горных областей наиболее ярким осадкообразующим процессом было оледенение.

Осадконакопление в субаквальных частях сквозных морфоструктурных ансамблей

В морях Лаптевых и Восточно-Сибирском (западная часть морфоструктуры III) разрез четвертичного покрова шельфа складывается морскими, ледово-морскими, аллювиально-морскими, аллювиально-озерными, озерно-болотными, флювиогляциальными образованиями и ледовым комплексом. По данным бурения обычно вскры-

ваются верхнечетвертичные осадки (мощность $\leq 30-40$ м). По данным сейсмопрофилирования мощность четвертичных осадков изменяется от 0 до 500 м, наиболее характерные величины не превышают 100 м. Максимальные мощности квартала приурочены к грабенам и дельтам, минимальные значения – к горстам. Для континентальных осадков характерно содержание прослоев, линз торфа и оторфованных горизонтов, и бурых углей (в неогеновых отложениях). По сейсмоакустическим профилям в четвертичных осадках шельфа хорошо определяются озерные и термоабразионные котловины, древние береговые линии и подводные долины, сформированные в регрессивные этапы. Понижения рельефа заполняются более молодыми отложениями. Четвертичные осадки шельфа Чукотского моря отличаются грубообломочным составом и меньшей мощностью [Друщиц и др., 2016; Друщиц, 2017].

В четвертичное время, по мнению многих ученых, шельф Восточной Арктики находился в перигляциальных условиях. Лучше других изучен шельф моря Лаптевых, на островах и в береговой зоне есть достаточное количество открытых разрезов квартала, в береговой зоне и на суше, и на море проводилось бурение, вскрывшее всю толщу неоплейстоценовых образований. Для этого моря стало возможным экстраполировать данные по составу и мощности осадков неоплейстоцена на акваторию, и дать их количественную характеристику по методу А.Б. Ронова [Друщиц и др., 2016]. Исследованная толща представляет собой чередование континентальных и морских осадков. Следует отметить, что на северо-западе бассейн находился под влиянием ледников архипелага Северной Земли и Таймыра. Расчеты показали, что в отложениях неоплейстоцена моря Лаптевых преобладают континентальные отложения, среди них по массе сухого вещества лидируют пески, в морских образованиях – алевриты. По площадному распространению комплекс палеодолин составляет 22,4%, ледовый комплекс – 9,0%, чередование морских и континентальных осадков – 43,5% (рис. 2). Видимо, эти результаты можно экстраполировать в Восточно-Сибирское море, которое также находилось в перигляциальных условиях, и во время регрессий было занято равнинным ландшафтом речных долин и озерных, и болотных котловин. Но площадь этого бассейна значительно превосходит размер Лаптевоморского бассейна. К Чукотскому морю примыкает горный массив Чукотского п-ова, подвергавшийся горно-долинному оледенению, и там возможно другое распределение литологических типов осадков. Например, большую роль в составе неоплейстоценовых отложений могут играть ледниковые и флювиогляци-

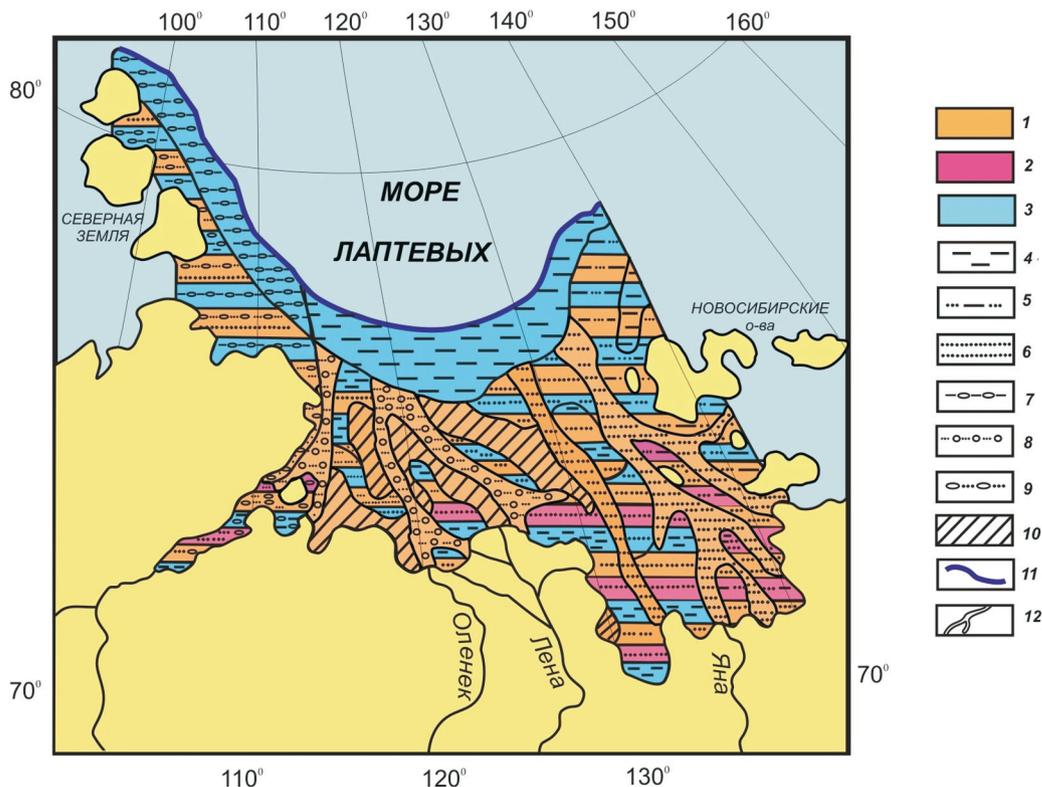


Рис. 2. Литологические типы осадков неоплейстоцена шельфа моря Лаптевых

1 – области континентального осадконакопления; 2 – озерные осадки; 3 – области морского осадконакопления; 4 – глины; 5 – алевриты; 6 – пески; 7 – ледниково-морские осадки; 8 – пески с галькой; 9 – флювиогляциальные пески; 10 – ледовый комплекс; 11 – граница шельфа; 12 – палеодолины.

Fig. 2. Lithological sedimentary types of the Laptev Sea shelf for the Neopleistocene

1 – area of terrigenous deposition; 2 – lacustrine sediment; 3 – area of marine deposition; 4 – clay; 5 – silt; 6 – sand; 7 – glacial-marine sediment; 8 – sand and pebble; 9 – fluvioglacial sand; 10 – Ice Complex; 11 – shelf edge; 12 – palaeovalley.

альные крупнозернистые осадки. Аллювиальные осадки должны иметь также грубозернистый состав. И в тоже время в четвертичном разрезе будут преобладать терригенные образования. Нельзя забывать о влиянии тихоокеанских водных масс в трансгрессивные этапы. Эти воды изменяют вещественный состав осадков, влияют на биопродуктивность акватории и приводят к разрушению криолитозоны шельфа.

Осадконакопление в субаральных частях морфоструктурных ансамблей

Ледовый комплекс, как указывалось выше, на шельфе моря Лаптевых занимает 9,0% площади. Образования ледового комплекса состоят из довольно плотных серо-коричневых алевритов с прослоями песка и торфа. Эти образования, содержащие до 90% льда в своем объеме, имеют практически сплошное распространение на северо-западе Северо-Востока России, несмотря на постепенную деградацию в голоцене. На

основании ревизии данных по распространению ледового комплекса в Сибири установлено, что на низменностях он оккупирует 16,9% площади, а на поверхностях выше 400 м – 12,5%. Датировки едомы не превышают возраста каргинской трансгрессии. Предполагается, что к концу ледникового максимума эти образования покрывали огромные площади современного шельфа и современных приморских низменностей. [Grosse et al., 2013]. В горных массивах Чукотки и Верхоянья ледовый комплекс не встречается, в предгорьях фиксируется его фрагментарное или спорадическое распространение. Стоит обратить внимание на западную и восточную границу сохранения массивов ледового комплекса. На западе она проходит по Хатангскому заливу (Уджинско-Нордвикская система разломов), а на востоке четко разделяет горные и низменные области Северо-Востока России (по Колымскому разлому), на юге – по Мятисскому современному активному разлому. Сплошное распространение ледового комплекса наблюдается на островах Анжу, на побережье

Восточно-Сибирского моря, по долине р. Лены. Обычно едома не перекрывается голоценовыми образованиями. Отложения ледового комплекса находятся в верхней части осадочного чехла (мощность 30–40 м), покрывающего Южно-Аннуйскую сутуру при пересечении Колымской низменности, встречаются в зоне выхода этой морфоструктуры на дневную поверхность на юге острова Большой Ляховский. Мощности едомы приблизительно одного порядка как для субаквальных, так и для субаэральных обстановок. Эти образования весьма уязвимы. Они разрушаются в береговой зоне со средними скоростями первые метры в год. В историческое время исчезли острова, покрытые ледовым комплексом в море Лаптевых. В квартере область шельфа и приморских низменностей испытывала мало амплитудные движения переменного знака, что и способствовало на фоне низкой влажности формированию этих образований. Можно заметить некоторую аналогию между перигляциальными условиями квартера и современным межледниковьем с резко континентальным климатом с холодными малоснежными ветренными зимами и коротким летним периодом. Сохраняются не только массивы ледового комплекса, но и сплошное распространение мощной криолитозоны. Это свидетельствует об устойчивой тенденции развития этой обстановки при мало меняющейся тектонике и равнинном рельефе, определяющем местную циркуляцию воздушных масс. Замечено, ледовый комплекс активно замещается аласным, что вызвано увеличением влажности вследствие подъема уровня океана. Блоки, где этот процесс захватил большую часть площади, испытывают опускание [Каплина, 2009]. Установлено, что и отложения ледового комплекса, и массивы многолетнемерзлых пород более устойчивы на поднятиях [Веремеева, Глушкова, 2016].

Ледниковые образования

В Момо-Селенняхской рифтовой морфоструктуре в большей степени распространены флювиогляциальные отложения. Конечные морены встречаются в устьях троговых долин, образованных ледниками последнего оледенения, спускавшимися с хребта Черского [Лаухин и др., 1986].

Южно-Аннуйский коллизионный шов представлен в современном рельефе Южно-Аннуйским хребтом, который испытал значительное поднятие в плиоцене и среднем неоплейстоцене. В горных областях Северо-Востока четвертичные отложения имеют мозаичное распределение и мощности их изменяются от 0 до ≥ 300 м. Обычно, такие осадки аккумулируются по долинам рек, во впадинах и озерных котловинах. В расположенном к

северо-востоку, от морфоструктуры III, на высоте почти 500 м, озере Эльгыгытгын образования квартера имеют мощность 314 м, голоцена – 6,5 м, скорость седиментации в неоплейстоцене 5 мм/год. Мощность многолетних пород, залегающих вокруг озера около 149 м [Nissen et al., 2007]. Морфоструктура III в квартере неоднократно подвергалась оледенению (рис. 3). Нижневалдайские ледниковые отложения встречаются в долине р. Малый Анной. Они представлены галечно-валунными суглинками, также там известны галечно-гравийные и гравийно-песчаные флювиогляциальные отложения. В верховьях р. Малый Анной выявлены обнажения ледниковых (150 м, грубые валунные супеси) и флювиогляциальных (20 м, песчано-галечный материал) образований среднего валдая. Гляциальные отложения позднего валдая состоят из несортированного щебнисто-глыбового материала, а флювиогляциальные осадки того же возраста — из слоистых галечников с валунами и прослоями суглинков (20 м) [Бискэ, 1978; Малышева и др., 2012].

Четвертичные отложения аккумулировались в прибрежных районах (залив Креста), во впадинах и в речных долинах, и в озерных котловинах. На западном побережье залива Креста обнажаются коренные породы. Восточный борт сложен ледниковыми, ледниково-морскими, межледниковыми и морскими осадками. Довольно четко определены морены среднего неоплейстоцена. Они представлена галечниками с песчаным заполнителем мощностью около 25 м. Казанцевские отложения — аллювий (20 м). В позднем кайнозое по унаследованным разломам происходит воздымание древних массивов, сложенных мезозойскими породами. Направление современного горного массива совпадает с северо-западным простиранием древнего шва [Бискэ, 1978].

Для Чукотского п-ова в последние годы получены данные о развитии покровного оледенения на западе (рис. 3). Это подтверждается наличием морен и флювиогляциальных отложений. Возможно, что в аномально высокие амплитуды поднятия блоков центральной части Южно-Аннуйской сутуры внесла некоторый вклад гляциоизостазия. Ранее считалось, что Чукотка область — горнодолинного оледенения. Покровное оледенение на Чукотке в последнее время признается и по значительному распространению ледниковых отложений. Ледниковые покровы могли формироваться в горных массивах за счёт более высокой влажности по сравнению с Сибирью.

Гляциальные отложения и соответствующие им формы сформировались на северном побережье Чукотки. Конечные морены известны в Мечигменском заливе. Практически, вся юго-восточная

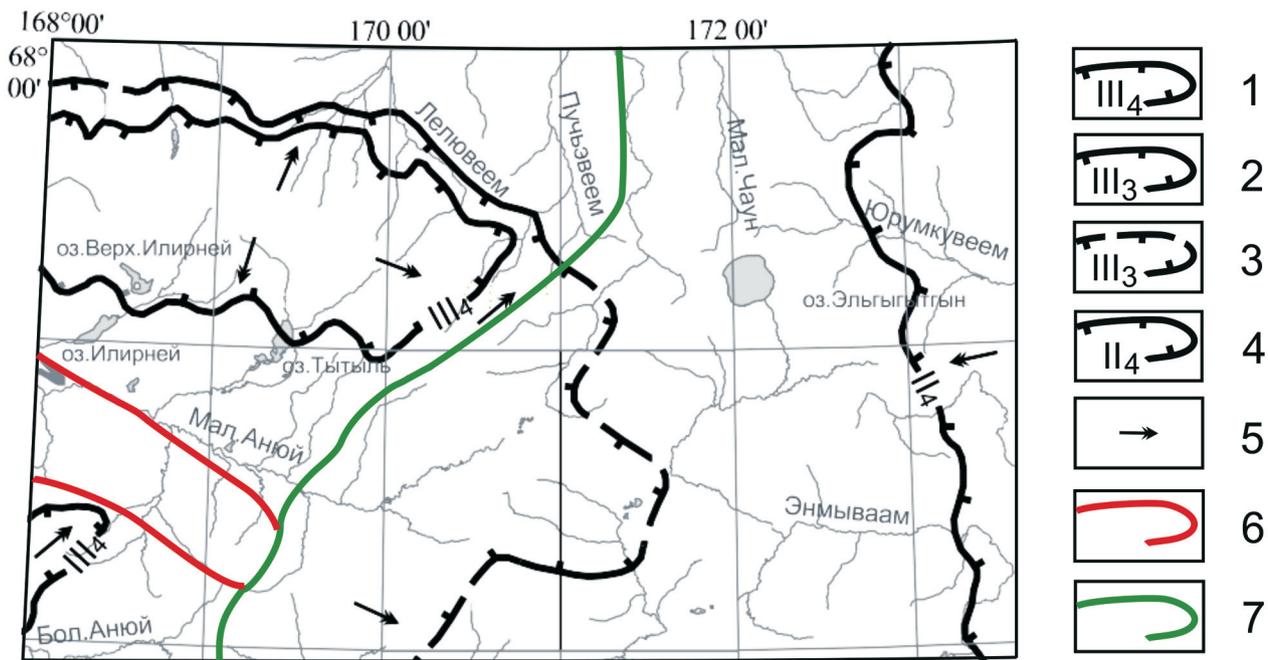


Рис. 3. Горно-долинное и покровное оледенение в междуречье Большого и Малого Анюя (по Малышевой и др., 2012 с изменениями и дополнениями)

1 – граница поздневалдайского оледенения; 2 – граница ранневалдайского оледенения; 3 – предполагаемая граница ранневалдайского оледенения; 4 – граница покровного? московского (тазовского) оледенения; 5 – направление движения ледников; 6 – Южно-Ануйская сутура; 7 – Охотско-Чукотский вулcano-плутонический пояс.

Fig. 3. Mountain and valley and cover glaciations in the Bolshoy and Maliy Anyui interfluvium (after Malysheva et al., 2012 with changes and additions)

1 – boundary of the Late Valdai glaciation; 2 – boundary of the Early Valdai glaciation; 3 – inferred boundary of the Early Valdai glaciation; 4 – boundary of Moscow cover? (Tazovsk) glaciation; 5 – glacier direction; 6 – South-Anyui Suture; 7 – Okhotsk-Chukchi Volcanic-Plutonic Belt.

часть шельфа Чукотского п-ова является зоной ледниковой аккумуляции [Павлидис и др., 1985].

Весьма вероятно, что оледенения на Чукотке были более мощные, о чем свидетельствует распространение моренного материала на большие расстояния и его частая встречаемость. В настоящее время на полуострове существует значительное количество современных ледников, площади которых сокращаются вследствие потепления климата. Крупный ледниковый массив был развит в районе залива Креста, хребет Искатень, видимо, на протяжении всего неоплейстоцена. За последние годы размер его уменьшился на 60% [Ананичева, Карпачевский, 2016].

В настоящее время начинает формироваться положение о том, что ледниковые центры были более мощные и могли также располагаться в области современного шельфа. В частности, предполагается, что островах Анжу существовал достаточно крупный центр оледенения [Никольский и др., 2017]. Это оледенение среднеплейстоценового возраста. Для полного понимания эволюции этого покрова существует несколько моментов,

нуждающихся в уточнении: границы его распространения, наличие морен и флювиогляциальных образований, эрозионных форм (следы выпахивания, каналы стока, направленные на север или северо-восток). Значительные пространства, занимаемые ледовым комплексом, только подтверждают то, что возраст этого оледенения древнее позднего неоплейстоцена. Возможно, происходили изменения в атмосферной циркуляции и сделали влажность достаточной для образования ледниковых покровов. Предположение о значительном оледенении о-в Анжу, как и о гляциодислокациях как в меловых, так и в четвертичных отложениях [Костылева и др., 2019] нуждается в дополнительной аргументации. Другие исследователи [Итаева et al., 2016] считают, что деформации меловых и вышележащих отложений образовались в результате смены режима растяжения на режим сжатия в рифтовой системе моря Лаптевых в миоцене.

Приведенные выше факты свидетельствуют о том, что в квартере регион Северо-Востока России находится в зоне активной тектоники, которая затрагивает разновозрастные морфоструктурные

ансамбли как рифтовые, так и шовные. Самым ярким выражением этой тенденции являются сейсмичность и вулканизм. Блоковые движения создают современный рельеф, но в акватории эти движения компенсируются интенсивной седиментацией. В континентальной области рельеф остается расчлененным. Современный рельеф формировался и формируется, помимо тектоники, деятельностью ледников и различного вида денудационными и эрозионными процессами. Интенсивность эрозионных процессов зависит от типов пород, первичных уклонов. В горных районах в результате таяния ледников может действовать процесс гляциоизостазии. На равнинах при пассивной новейшей тектонике (в пределах отдельных блоков) сохраняются аналогии перигляциальных обстановок, что создает условия для консервации массивов реликтовых (ледниковых) осадочных комплексов. Землетрясения могут вызывать крупные осыпи и обвалы. Геодинамические процессы изменяют направление и интенсивность флювиальных потоков, перестраивают речные системы и локальный рельеф в областях активных разломов и в сейсмически активных зонах.

Заключение

Геологическое развитие сквозных рифтовых и шовного морфоструктурных ансамблей в четвертике имеет следующие закономерности:

1. Для всех этих разных по возрасту и происхождению морфоструктур характерно активное проявление различного рода тектонических процессов;
2. На фоне глобального похолодания тектонический подъем современных горных областей определял возможность образования ледников;
3. Новейшая тектоника устанавливает на большей части береговой зоны современную границу между сушей и морем;
4. Новейшая тектоника формировала границу между реликтовыми перигляциальной и гляциальной зонами в четвертике;
5. Локальные неотектонические блоковые структуры влияют на консервацию реликтовых осадочных образований.

Исследования проведены в соответствии с планами научно-исследовательской работы ГИН РАН (№ 0135-2016-0022) при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-00795).

Литература

Ананичева М.Д., Карпачевский А.М. Современное состояние ледников Чукотского и Колымского нагорий и прогноз эволюции ледниковых систем Чу-

котского нагорья // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2016. № 1. С. 64–83.

Андиева Т.А. Тектоническая позиция и основные структуры моря Лаптевых // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2008. Т 3. http://www/ngtp/gu/tub/4/8_2008.

Астахов А.С., Гусев Е.А., Колесник А.Н. и др., Условия накопления органического вещества и металлов в донных осадках Чукотского моря // *Геология и геофизика*. 2013. Т. 54, № 9. С. 1348–1365.

Атлас «Геология и полезные ископаемые шельфов России». М.: Науч. Мир. 2004. 108 л.

Атлас палеогеографических карт «Шельфы Евразии в мезозое и кайнозое». Лландидно, Великобритания. 1991. 129 л.

Баранская А.Т. Роль новейших вертикальных тектонических движений в формировании рельефа побережий российской Арктики. Дисс. к. геол.-мин. н. С.-Пб. ГУ. 2015. 255 с.

Бискэ С.Ф. Четвертичные отложения крайнего Северо-Востока СССР // *Труды ин-та Геол. и Геофиз.* Из-во Наука: Новосибирск. 1978. Вып. 383. 114 с.

Большаинов Д.Ю., Васильев Б.С., Виноградова Н.П. и др. Гос. геол. карта РФ. М-б 1:1 000000 (третье поколение). Сер. Лаптево-Сибироморская. Лист S-51 – Оленекский зал. S-52 – дельта Лены. Объяс. зап. – СПб.: Карт. фаб. ВСЕГЕИ. 2014. 274 с.

Веремеева А.А., Глушкова Н.В. Формирование рельефа в районах распространения отложений ледового комплекса в тундрах Колымской низменности (по данным космической съемки) // *Криосфера Земли*, 2016, т. XX, № 1. С. 15–25.

Владимирцева Ю.А., Дыканюк Е.А., Манукян А.М. и др. Гос. геол. карта РФ м-б 1:1 000 000 (новая серия). Лист Q-2 (Уэлен). Об. зап. СПб.: Изд-во СПб КФ ВСЕГЕИ, 2001. 139 с.

Герцева М.В., Борисова Т.П., Чибисова Е.Д. и др. Гос. геол. карта РФ. М-б 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист R-52 – Тикси. Объяс. зап. – СПб.: Карт. фаб. ВСЕГЕИ, 2016. 306 с.

Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Карякин Ю.В. и др. Мезозойско-кайнозойский вулканизм и этапы геодинамической эволюции Центральной и Восточной Арктики // *Геология и геофизика*. 2013. Т. 54. № 8. С. 1126–1144.

Друщиц В.А., Левитан М.А., Антонова Т.А. Количественные параметры осадконакопления на шельфе морей Баренцева и Лаптевых в неоплейстоцене // *Бюлл. МОИП. Отд. геол.* 2016. Т. 2–3. С. 74–81.

Друщиц В.А. Интенсивность тектонических движений в морях российской Арктики в позднем кайнозое // *Геология морей и океанов: Мат-лы XXII международной конференции (Школы) по морской геологии*. 20–24 ноября, Москва Т. II. – М.: ИО РАН. 2017. С. 29–33.

Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. – М.: ГЕОС. 2000. 227 с.

Каплина Т.Н. Аласные комплексы Северной Якутии // *Криосфера Земли*. 2009. Т. XIII. № 4. С. 3–17.

Карта амплитуд новейших тектонических движений России // *Национальный атлас России*. 2007. Т. 2.

- М-б 1:30000000. Отв. ред. Г.Ф. Кравченко. ПКО Картография
- Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных областей. М-б 1:5000000. 1977. Гл. ред. Н.И. Николаев. *Костылева В.В., Басилян А.Э., Никольский П.А. и др.* Новые данные о возрасте и геологическом строении мезозойских и кайнозойских отложений о. Новая Сибирь (Новосибирские острова, Восточно-Сибирское море) // Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2019. С. 281–284.
- Курткин С.В., Седов Б.М., Мяки К.Д.* Природа сейсмичности Восточной Чукотки и прилегающего шельфа // Мат-лы Межд. Конф. «Геолого-геофизическая среда и разнообразные проявления сейсмичности». – Нерюнгри: Изд-во Техн. Ин-та СВФУ. 2015. С. 136–142.
- Лаухин С.А., Паньчев В.А., Рыбакова Н.О. и др.* Последние этапы истории геологического развития северной ветви Момо-Селеняхского рифта // Бюл. Комис по изуч. четв. периода. 1986. № 55. С. 117–122.
- Малышева Г. М., Исаева Е. П., Тихомиров Ю. Б. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-59 – Марково. Объяс. зап. – СПб.: Карт. фаб. ВСЕГЕИ, 2012. 226 с.
- Никольский П.А., Басилян А.Э., Зажигин В.С.* Новые данные о возрасте оледенения Новосибирских островов (Восточная Арктика) // Док. АН. 2017. Т. 475, № 2. С. 176–179
- Новейшая тектоника, геодинамика и сейсмичность Северной Евразии. Под ред. А.Ф. Грачева. Изд. Пробел. М. 2000. 487 с.
- Павлидис Ю.А., Ионин А.С., Медведев В.С.* Палеогеография позднего вюрма шельфа Берингии // Геология и геоморфология шельфов и материковых склонов. М.: Наука, 1985. С. 65–76.
- Павлидис Ю.А., Ионин А.С., Щербakov Ф.А. и др.* Арктический шельф. Позднечетвертичная история как основа прогноза развития. - М.: ГЕОС, 1998. 187 с.
- Поляк Б.Г., Лаврушин В.Ю., Чешико А.Л. и др.* Новейшая тектоно-магматическая активизация Колоченско-Мечигменской зоны Чукотского полуострова (по данным о составе газов гидротерм) // Геотектоника. 2010, № 6. С. 99–110.
- Сакулина Т.С., Верба М.Л., Кашубина Т.В. и др.* Комплексные геолого-геофизические исследования на опорном профиле 5-АР в Восточно-Сибирском море // Разведка и охрана недр. 2011. № 10. С. 17–23.
- Сим Л.А., Брянцева Г.В., Селиванов Д.А.* Особенности активизации Южно-Анюйской сутуры (Чукотка) в новейший этап // Триггерные эффекты в геосистемах: тезисы докладов V-й Международной конференции, Москва, 4–7 июня 2019 г. ГЕОС. Москва. 2019. С. 182–183.
- Соколов С.Д., Тучкова М.И., Ганелин А.В. и др.* Тектоника Южно-Анюйской сутуры (Северо-Восток Азии) // Геотектоника, 2015, № 1, С. 5–30.
- Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Соловьев В.М. и др.* Межплитные границы Дальневосточного региона России по результатам GPS измерений, сейсморазведочных и сейсмологических данных // Геология и геофизика, 2012. Т. 53. № 4. С. 489–507.
- Drachev S.S., Kaul N., Beliaev V.N.* Eurasia spreading basin to Laptev Shelf transition: structural pattern and heat flow // Geophys. J. Int. 2003. V. 152. P. 688–698.
- Drachev S.S.* Fold belts and sedimentary basins of the Eurasian Arctic // Arktos. 2016. V. 21. P. 2–30. DOI 10.1007/s41063-015-0014-8.
- Grosse G., Robinson J.E., Bryant R. et al.* Distribution of late Pleistocene ice-rich syngenetic permafrost of the Yedoma Suite in east and central Siberia, Russia. 2013. U.S. Geological Survey Open File Report 2013–1078, 37p.
- Imaeva L.P., Imaev V.S., Mel'nikova L.I. et al.* Recent Structures and Tectonic Regimes of the Stress–Strain State of the Earth's Crust in the Northeastern Sector of the Russian Arctic Region // Geotectonics, 2016, Vol. 50, No. 6. P. 535–552.
- Imaeva L.P., Gusev G.S., Imaev V.S., et al.* Geodynamic activity of modern structures and tectonic stress fields in Northeast Asia // Geodynamics & Tectonophysics. 2017. V. 8. № 4. P. 737–768. doi:10.5800/GT-2017-8-4-0315.
- Levi K.G.* Geodynamic activity of the lithosphere and problems of tectonophysics – outlook after 35 years // Geodynamics & Tectonophysics. 2014. 5 (2). P.527–546.
- Niessen F., Gebhardt A.C., Kopsch C. et al.* Seismic investigation of the El'gygytyn impact crater lake (Central Chukotka, NE Siberia): preliminary results // J. Paleolimnol. 2007. V. 37. P. 49–63.
- Sokolov S.Yu., Mazarovich A.O.* Cluster analysis of geological and geophysical parameters of the Arctic region as the base for geodynamic interpretation // Geodynamics & Tectonophysics. 2016. 7 (1). P. 59–83.
- Vologina E.G., Kalugin I.A., Dar'in A.V. et al.* Late Holocene sedimentation in active geological structures of the Chukchi Sea // Geodynamics & Tectonophysics. 2018 V. 9. № 1. P. 199–219.

Literature

- Ananicheva M.D., Karpachevskiy A.M.* Sovremrnoe sostoyanie lednikov Chukotskogo i Kolym'skogo nagorij i prognoz evolutsii lednikovyx system Chukotskogo nagoria // Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologia. 2016. № 1. P. 64–83.
- Andiyeva T.A.* Tektonicheskaya pozitsiya i osnovnyye struktury morya Laptev'yx // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2008. V. 3. http://www/ngtp.ru/rub/4/8_2008.
- Astakhov A.S., Gusev Ye.A., Kolesnik A.N. i dr.* Usloviya nakopleniya organicheskogo veshchestva i metallov v donnykh osadkakh Chukotskogo morya // Geologiya i geofizika, 2013, t. 54, №9, s. 1348–1365.
- Atlas «Geologiya i poleznye iskopyemyye shel'fov Rossii». М.: Nauchnyy Mir. 2004. 108 l.
- Atlas paleogeograficheskikh kart «Shel'fy Yevrazii v mezozoye i kaynozoye». Llandidno, Velikobritaniya. 1991. 129 s.

- Baranskaya A.T.* Rol' noveyshikh vertikal'nykh tektonicheskikh dvizheniy v formirovaniy rel'yefa poberezhnyy rossiyskoy Arktiki. Diss. k. geol.-min. n. S.-Pb. GU. 2015. 255 s.
- Biske S.F.* Chetvertichnyye otlozheniya kraynego Severo-Vostoka SSSR // Trudy in-ta Geol. i Geofiz. Iz-vo Nauka: Novosibirsk. 1978. Vyp. 383. 114 s.
- Bol'shiyanov D.Yu., Vasil'yev B.S., Vinogradova N.P. i dr.* Gos. geol. karta RF. M-b 1:1 000000 (tret'ye pokoleniye). Ser. Laptevo-Sibiromorskaya. List S-51 – Olenekskiy zal. S- 52 – del'ta Leny. Ob'yas. zap. – SPb.: Kart. fab. VSEGEI. 2014. 274 s.
- Vladimirtseva Yu.A., Dykanyuk Ye.A., Manukyan A.M. i dr.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:1 000 000 (novaya seriya). List Q-2 (Uelen). Ob'yasnitel'naya zapiska. SPb.: Izd-vo SPb KF VSEGEI, 2001. 139 s.
- Gertseva M.V., Borisova T.P., Chibisova Ye.D. i dr.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy federatsii. M-b 1 : 1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Verkhoyano-Kolymorskaya. List R-52 – Tiksi. Ob'yas. zap. - SPb.: Kart. fab. VSEGEI, 2016. 306 s.
- Dobretsov N.L., Vernikovskiy V. A., Kariakin Yu. V. i dr.* Mezozoisko-kainozoiskiy vulkanizm i etapy geodinamicheskoi evolutsii Tsentralnoi i Vostochnoi Arktiki // Geologia I geofizika. 2013. T. 54. № 8. S. 1126–1144.
- Drouchits V.A., Levitan M.A., Antonova T.A.* Kolichestvennyye parametry osadkonakopleniya na shelfe morei Barentseva i Laptevyh v neopleistotsene // Byull. MOIP. Otd. geol. 2016. T. 2–3. S. 74–81.
- Drouchits V.A.* Intensivnost' tektonicheskikh dvizheniy v moryakh rossiyskoy Arktiki v pozdnem kaynozoye // Geologiya morey i okeanov: Mat-ly XXII mezhdunarodnoy konferentsii (Shkoly) po morskoy geologii. 20–24 noyabrya, Moskva T. II. – M.: IO RAN. 2017. S. 29–33.
- Imayev V.S., Imayeva L.P., Koz'min B.M.* Seysmotektonika Yakutii. – M.: GEOS. 2000. S. 227.
- Kaplina T.N.* Alasnye komplekсы Severnoy Yakutii // Krios/ Zemli. 2009. T. XIII. №4. S. 3–17.
- Karta amplitud noveyshikh tektonicheskikh dvizheniy Rossii // Natsional'nyy atlas Rossii. 2007. T. 2. M-b 1:300000000. Otv. red. G.F. Kravchenko. PKO Kartografiya
- Karta noveyshey tektoniki SSSR i sopredel'nykh oblastey. M-b 1:5000000. 1977. Gl. red. N.I. Nikolayev.
- Kostyleva V.V., Basilyan A.E., Nikol'skiy P.A. i dr.* Novyye dannyye o vozraste i geologicheskom stroenii mezozoyskikh i kaynozoykskikh otlozheniy o. NovayaSibir' (Novosibirskiye ostrova, Vostochno-Sibirskoye more) // Problemy tektoniki kontinentov i okeanov. Materialy LI Tektonicheskogo soveshchaniya. M.: GEOS, 2019. S. 281–284.
- Kurtkin S.V., Sedov B.M., Myaki K.D.* Priroda seysmichnosti Vostochnoy Chukotki i prilegayushchego shel'fa // Mat-ly Mezhd. Konf. «Geologo-geofizicheskaya sreda i raznoobraznyye proyavleniya seysmichnosti». – Neryungri: Izd-vo Tekh. In-ta SVFU. 2015. S. 136–142.
- Laukhin S.A., Panychev V.A., Rybakova N.O. i dr.* Posledniye etapy istorii geologicheskogo razvitiya severnoy vetvi Momo-Selennyakhskogo rifta // Byul. Komis po izuch. chetv. perioda. 1986. № 55. S. 117–122.
- Malysheva G.M., Isayeva Ye.P., Tikhomirov Yu.B. i dr.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Chukotskaya. List Q-59 – Markovo. Ob'yas. zap. – SPb.: Kart. fab. VSEGEI, 2012. 226 s.
- Noveyshaya tektonika, geodinamika i seysmichnost' Severnoy Yevrazii. Pod red. A.F. Gracheva. Izd. Probel. M. 2000. 487 s.
- Pavlidis Yu.A., Ionin A.S., Shcherbakov F.A. i dr.* Arkticheskyy shel'f. Pozdnechetvertichnaya istoriya kak osnova prognoza razvitiya. – M.: GEOS, 1998. 187 s.
- Polyak B.G., Lavrushin V. Yu., Cheshko A.L. i dr.* Noveyshaya tektono-magmaticheskaya aktivizatsiya Kolyuchensko-Mechigmenskoy zony Chukotskogo poluostrova (po dannym o sostave gazov gidroterm) // Geotektonika. 2010. № 6. S. 99–110.
- Sakulina T.S., Verba M.L., Kashubina T.V. i dr.* Kompleksnyye geologo-geofizicheskiye issledovaniya na opornom profile 5-AR v Vostochno-Sibirskom more // Razvedka i okhrana neдр. 2011. № 10. S. 17–23.
- Sokolov S.D., Tuchkova M.I., Ganelin A.V. i dr.* Tektonika Yuzhno-Anyuyskoy sutury (Severo-Vostok Azii) // Geotektonika, 2015, № 1. S. 5–30.
- Timofeyev V.YU., Ardyukov D.G., Solov'yev V.M. i dr.* Mezhpitnyye granitsy Dal'nevostochnogo regiona Rossii po rezul'tatam GPS izmereniy, seysmorazvedochnykh i seysmologicheskikh dannyykh // Geologiya i geofizika, 2012. T. 53, № 4. S. 489–507.

V.A. Drouchits

RIFT AND SUTURE MORPHOSTRUCTURE GEOLOGICAL EVOLUTION OF THE RUSSIAN NORTHEAST FOR QUARTER

The article deals with the Quaternary geological evolution of cross cutting morphostructures of the Russian Northeast. They have submeridional and sublatitudinal directions. The Laptev Sea rift morphostructure begins from the Gakkel Ridge and closes in the Indigirka River upper course. Koluchinsko-Mechigmensk morphostructure is between the Bering Sea, through Chukotka peninsula to Podvodnikov basin. South Anyui suture reaches from the Bering Sea through Russian Northeast up to Laptev Sea. There are phenomenon of vertical and horizontal movements, seismicity, volcanism and hydrothermal springs in the Quaternary for all of them. Neotectonic activity has influenced on position of boundary between sea and land between relict glacial and periglacial zones. Local neotectonic block structures preserve relict endemic sedimentary ice complex (edoma).

Key words: Laptev Sea rift morphostructure, Koluchinsko-Mechigmensk rift morphostructure, South Anyui suture, neotectonics, Quaternary.