УДК [55+551.24+574.4](985)

Кутинов Ю.Г.*, Чистова З.Б., Беленович Т.Я.*****



Ю.Г. Кутинов



З.Б. Чистова



Т.Я. Беленович

Современный геодинамический режим Арктической окраинно-континентальной зоны[1]

*Кутинов Юрий Григорьевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН, директор Центра космического мониторинга Арктики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, академик Европейской академии естественных наук (Ганновер) и Итальянской академии социальных и экономических наук (Рим)

E-mail: kutinov@iepn.ru

**Чистова Зинаида Борисовна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией глубинного геологического строения и динамики литосферы Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН

E-mail: zchistova@yandex.ru

***Беленович Таисия Яковлевна, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории глубинного геологического строения и динамики литосферы Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН

На основе данных о фокальных механизмах очагов землетрясений, определения векторов скольжения горных масс и данных GPS-станций, проанализирован геодинамический режим Севера Евразии на глобальном (взаимодействие трех литосферных плит: Евроазиатской, Северо-Американской и Гренландской), региональном (Евроазиатская плита) и локальном (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция) уровнях. В условиях современного геодинамического состояния Евроазиатская ветвь Арктической окраинно-континентальной зоны может рассматриваться как единая структура и принятые ранее границы Евроазиатской литосферной плиты необходимо уточнять.

Ключевые слова: Арктика, геодинамика, Арктический сегмент земной коры, фокальные механизмы очагов землетрясений, вектора скольжения горных масс, окраинно-континентальная зона

В современных международных правовых отношениях Арктика делится на пять секторов, сходящихся вершинами на Северном полюсе[2]: Российский, США (Аляска), Канадский, Дании (Гренландия), Норвегии. Секторальное разделение Арктики показано на сайте http://lseptember.ru //arcticlef.php?ID=200700102. В настоящий момент назревает ситуация территориального передела Арктики в соответствии с особенностями геологического строения Северного Ледовитого океана (СЛО) – по границе континентального шельфа. Проблема обоснования положения границы континентального шельфа России в Арктическом бассейне Северного Ледовитого океана в настоящее время является одной из приоритетных научных и прикладных государственных задач. Это связано не только с уникальным географическим положением СЛО и недостаточным уровнем геолого-геофизической изученности акваторий арктических морей, но и с обнаружением гигантских месторождений нефти и газа. Многочисленные варианты раздела Арктики и спорных участков на ее территории представлены на многочисленных сайтах[3].

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН, проект «Фундаментальные основы экологически безопасных технологий освоения природных ресурсов западно-арктического сектора Российской Федерации», проектов Уральского отделения РАН: проект фундаментальных исследований «Арктика» № 12-5-3-002-АРКТИКА «Геоэкологическое районирование арктических и приарктических территорий РФ для рационального освоения Арктики»; инициативный проект № 12-С-1009 «Исследование радиоактивных изотопов в экзогенных процессах на северо-западе России» раздел «Создание геолого-геофизических образов кимберлитоконтролирующих структур и кимберлитовых тел для повышения эффективности поисковых работ».

[2] Север: арктический вектор социально-экономических исследований / Под ред. А.Г. Гранберга, В.Н. Лаженцева. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2008. 408 с.

[3] См., напр.: http://www.vz.ru/image_pages/213996.jpg.html; http//files.balancer.ru/cache/forums/attaches/f9/f4/300x300/f9f4e03acc8e13148c2707c813aaac.jpg; http://www.expert.ru/maps/northwest/2005/44/document48391; http://www.vipstd.ru/gim/index.php?option=com_content&tack=view&id=18&ltemid=75&ed=6; http://ratnikjournal.narod.ru/ 200709/arctica.jpg и др.

В соответствии с Конвенцией по морскому праву ООН 1982 г. при установлении внешней границы подводной окраины материка прибрежного государства за пределами 200-мильной зоны используются батиметрические и геологические критерии. Данные батиметрии касаются определения по формальным признакам положения подножия континентального склона и 2500-метровой изобаты[1]. По батиметрическим и геоморфологическим данным подножие континентального склона определяется как точка максимального изменения уклона в его основании (вторая производная).

Геологические критерии включают в себя данные о структуре чехла, природе земной коры в пределах континентального шельфа и геолого-геофизические доказательства положения континентального подножия. В качестве альтернативного батиметрическому варианту при геолого-геофизическом обосновании подножия может рассматриваться естественная граница подводной части материка (граница исчезновения компонентов континентальной земной коры)[2]. Дополнительным критерием для отнесения глубоководных участков, на которые распространяются суверенные права прибрежного государства, является установление геологического единства (с учетом геологического прошлого) структур глубоководной части океана со структурами на побережье и на континентальном шельфе. Таким образом, для решения проблемы внешней границы континентального шельфа необходимы детальные данные по геоморфологии и структурно-вещественному составу дна СЛО. В этом случае большое значение имеет положение межплитной граница и доказательство геодинамического единства шельфа и глубоководной части океана. Межплитная сейсмичность представлена Срединно-Арктическим поясом землетрясений (рис. 1), трассирующим спрединговую границу Евразийской и Северо-Американской литосферных плит и протягивающимся от Исландии через Норвежско-Гренландский бассейн, Евразийский суббассейн и шельф моря Лаптевых до Северо-Востока Евразии[3]. Данная межплитная граница состоит из серии сочленяющихся сегментов, эволюция каждого из которых имеет свои специфические особенности.

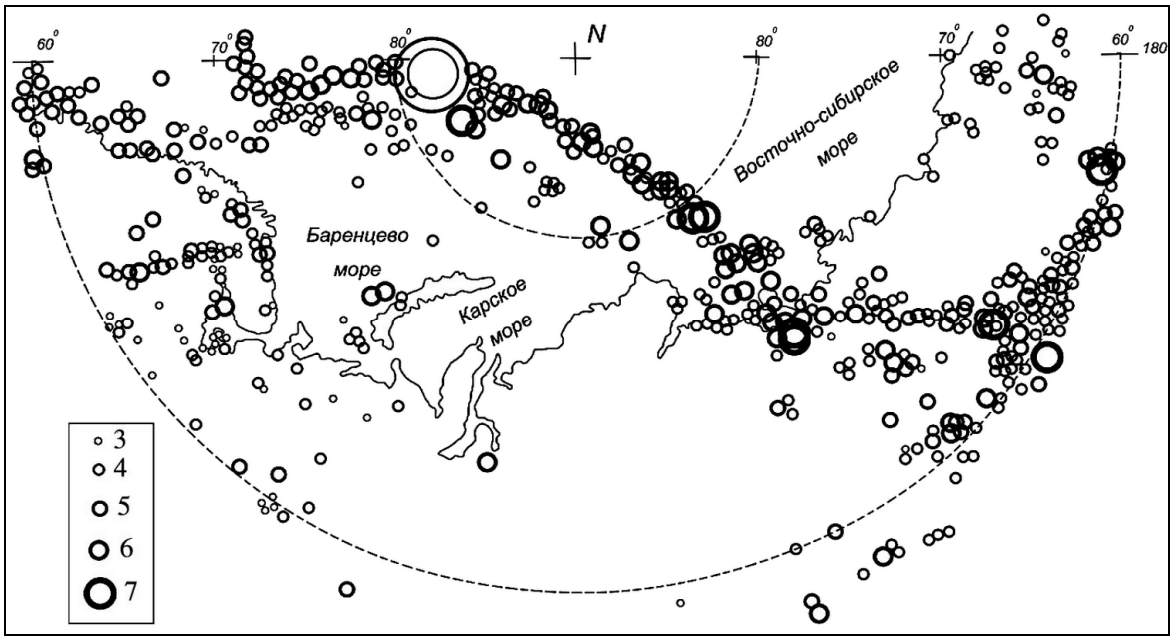


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Российской части Арктики с M ≥ 3,0 за период 1965–1991 гг.[4] Слева представлена шкала магнитуд. По широте 80^0 с.ш. показан полюс Эйлера[5].

Существуют два наиболее распространенных варианта проведения границы между Евроазиатской и Северо-Американской литосферными плитами[6]:

- по прямому продолжению Срединно-Арктического хребта в пределы шельфа моря Лаптевых через грабен устья р. Лены под Верхоянский хребет до соединения с северным ограничением Охотской плиты и далее вдоль оси Северо-Охотского прогиба;
- шельф моря Лаптевых – устье р. Индигирки – Момский грабен вплоть до залива Шелихова в Охотском море.

[1] Арктика на пороге третьего тысячелетия (ресурсный потенциал и проблемы экологии / Под ред. И.С. Грамберга и Н.П. Лаверова. СПб.: Наука, 2000. 247 с.

[2] Там же.

[3] Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб.: Изд-во ВНИИОкеангеология, 1996. 185 с.

[4] Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Современный геодинамический режим и напряженно-деформируемое состояние Срединно-Арктического хребта // Геофизика XXI столетия: 2007 год. Сб. трудов Девятых геофизических чтений им. В.В. Федынского. Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2008. С. 16–22.

[5] Полюс Эйлера – полюс вращения. Любое перемещение тел на поверхности сферы можно описать как поворот относительно некоторой точки на ее поверхности. Эта точка называется полюсом вращения или полюсом Эйлера. Полюсы вращения на поверхности Земли определяются по пересечению синхронных линейных магнитных аномалий, перпендикуляров к линиям трансформных разломов и других элементов – следов спрединга. Совмещение одноименных линейных магнитных аномалий, элементов рельефа по обеим сторонам оси спрединга позволяет восстанавливать в обратном направлении последовательность событий (Печерский Д.М. Палеомагнитология, петромагнитология и геология. Словарь-справочник. М.: ИФЗ, 2006). (*Прим. ред.*).

[6] Богданов Н.А., Хаин В.Е., Шипилов Э.В. Система кайнозойских рифтов Восточной Арктики и ее возможное значение // Доклады АН. 1995. Т. 345. № 1. С. 84-86.

Существует и другой вариант проведения границы между Евроазиатской и Северо-Американской литосферными плитами. Со времен появления тектоники плит постоянно оставалась спорной трактовка границ между этими плитами. Глобальная система срединных океанических хребтов на востоке Арктики прерывалась. До настоящего времени остается невыясненным, каким образом соединяются или могли бы соединяться хребет Хуан-де-Фука, ограничивающий на северо-западе Североамериканскую плиту и хребет Гаккеля или Срединно-Арктический хребет[1]. Общепринято проведение продолжения рифта Срединно-Арктического хребта в пределы шельфа моря Лаптевых, правда, в различных вариантах. Существует ряд геологических фактов, противоречащих, или ставящих под сомнение, подобную трактовку, что и привело ряд авторов[2] к выводу о возможности проведения межплитной границы по системе кайнозойских прогибов (рис. 2) вдоль северо-западного и южного края континентального шельфа Берингова моря. Прогибы протягиваются практически непрерывной полосой в 1000 км от края шельфа вплоть до рифта Святого Георга вдоль правосторонних сдвигов и имеют характер бассейнов сдвигового-раздвигового типа с мощностью осадков от 7 до 11 км. Далее на восток система Наваринских рифтов срезается сдвигом Контакт, переходящим на юге Аляски в систему сдвигов Королевы Шарлотты, ограничивающую на севере хребет Хуан-де-Фука. Таким образом, по мнению этих авторов, «кайнозойские рифты на континентальном шельфе морей Восточной Арктики позволяют соединить срединно-океанические хребты Атлантики и Пацифики в единый глобальный замкнутый пояс»[3].

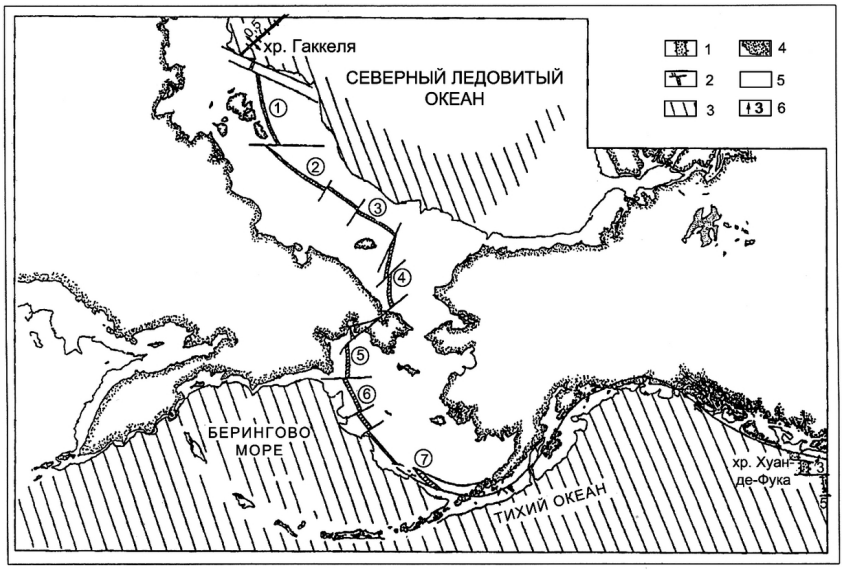


Рис. 2. Схема расположения кайнозойских рифтов[4]: 1 – срединно-океанические хребты; 2 – кайнозойские рифты; 3 – области с океанической корой; 4 – суша; 5 – шельф; 6 – скорость спрединга, см/год; Рифты: 1 – Анжуйский, 2 – Новосибирский, 3 – Вилькицкого; 4 – Южно-Чукотский, 5 – Анадырский, 6 – Наваринский, 7 – Святого Георга.

Влияние Срединно-Арктической рифтовой зоны достаточно отчетливо видно в материалах космомагнитной съемки (КА MAGSAT-400). В северной части Евразии четко выделяются две глобальных полосы положительных аномалий и две отрицательных полосы с общим простиранием 300-320^0 (рис. 3, Г). На самом северо-востоке Азии наблюдается третья полоса, меньших размеров, того же простирания с положительными значениями магнитного поля (МП). Характер магнитного поля позволил ранее авторам[5] принять иной вариант прочтения, чем предложенный в работе[6]. Существует возможность объединения максимума МП на северо-востоке Азии с общей региональной полосой вдоль Арктического побережья, что кажется более логичным и геологически корректным.

Окраинно-континентальная полоса положительных аномалий магнитного поля (АМП) представлена: северной частью Балтийского, Анабарского, Алданского (южного ответвления полосы) докембрийских щитов, Омолонским срединным массивом и Колымской микроплитой, и, очевидно, опущенным в кайнозое в период раскрытия СЛО, Северо-Карским кратоном. При этом все региональные структуры с положительными значениями МП, слагающие полосы положительных значений МП, характеризуются увеличением мощности коры на 5–10 км по сравнению с окружающей территорией. В пределах каждой из них наблюдается геотермический минимум[7].

Таким образом, структурно-тектонический анализ глобальных полос с положительной намагниченностью позволяет сделать выводы о том, что региональные максимумы намагниченности приповерхностных горизонтов земной коры связаны с заметным увеличением ее мощности, и с преобладанием в ее составе гранито-гнейсовых высокометаморфизованных пород докембрия, находящихся в условиях древнейшей континентальной коры.

Характер магнитных полей достаточно убедительно показывает не только единое циркумполярное глубинное строение Арктического сегмента[8], но и иной характер Севера Евразии в отличие от более южной территорий Евроазиатской литосферной плиты. Реликтовый материковый структурный план отчетливо выражен в циркумполярной зональности АМП. На этот реликтовый материковый структурный план выступов и впадин наложилась полярная ветвь океанических хребтов (Исландского, Мона, Книповича, Гаккеля).

Такая же зона повышенных значений магнитного поля достаточно отчетливо рисуется и на карте аномального магнитного поля РФ (в соответствии с рисунком 3.В).

Эта зона характеризуется не только повышенной мощностью. земной коры, но и увеличением мощности

[1] Там же.
[2] Там же.
[3] Там же.
[4] Там же
[5] Кутинов Ю.Г. Экогеодинамика Арктического сегмента земной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 388 с.
[6] Пронин В.П., Лопатин Д.В. Корреляция геофизических полей. М., ИЗМИРАН, 1991. 256 с.
[7] Там же
[8] Кутинов Ю.Г. Экогеодинамика Арктического сегмента...

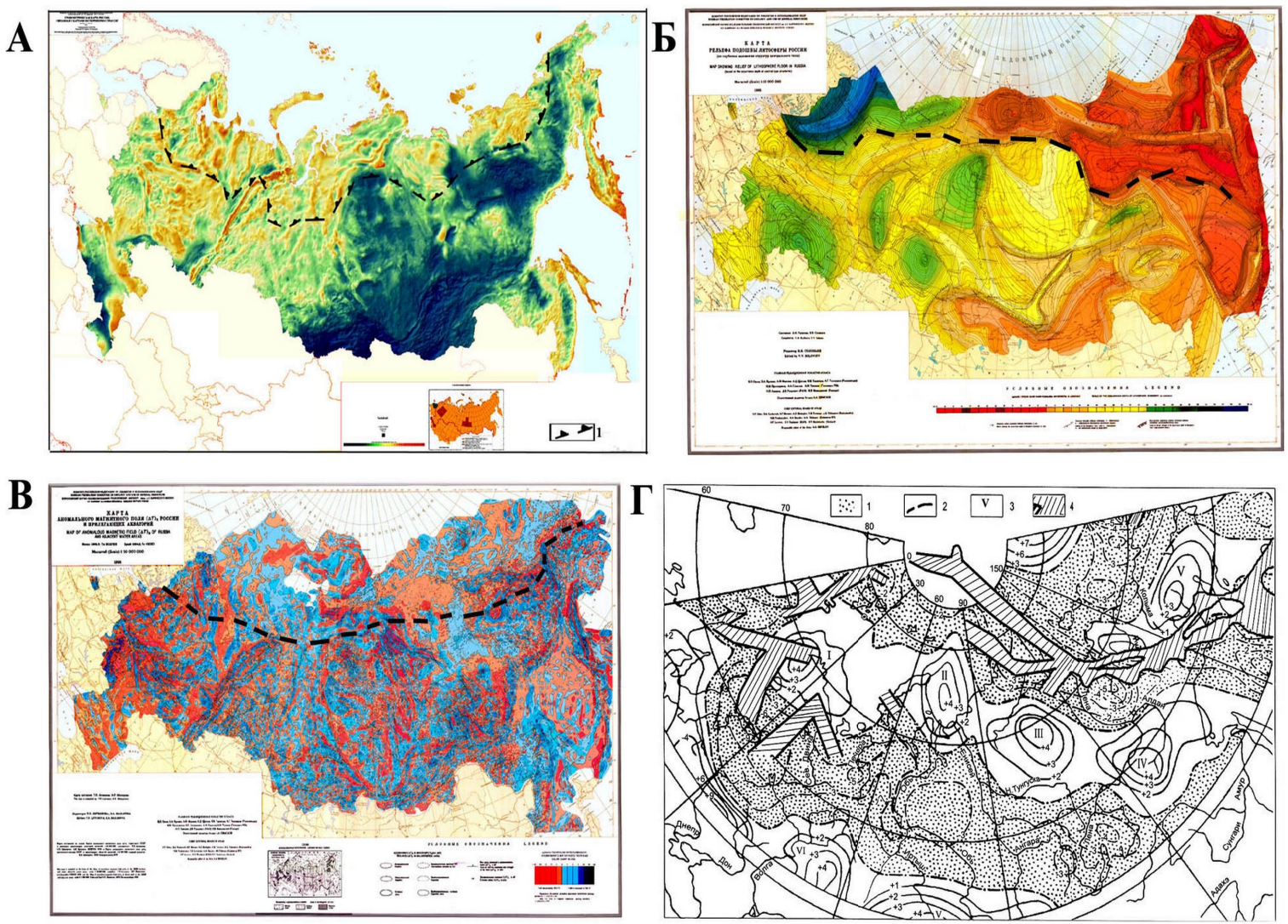


Рис. 3. Схема сопоставления геофизических материалов.

А – Гравиметрическая карта России[1]; Б – Карта рельефа подошвы литосферы России[2]; В – Карта аномального магнитного поля (Δ Т) России[3] Пунктирной линией показана граница влияния зоны спрединга. Г – Схема сопоставления характера магнитного поля с КА MAGSAT-400 с сейсмоактивными зонами[4]: 1 – отрицательные области АМП; 2 – нулевые значения АМП; 3 – области корреляции МП с крупными неоднородностями земной коры; 4 – сейсмоактивные зоны. Области корреляции АМП с крупными структурными неоднородностями земной коры: I – Балтийской; II – Северо-Карской; III – Анабарской; IV – Алданской; V – Омолонской

[1] Атлас геологических и геофизических карт России и прилегающих акваторий /Отв. редактор А.А. Смыслов. СПб.: ВСЕГЕИ, 1995.
[2] Там же
[3] Там же.
[4] Кутинов Ю.Г. Экогеодинамика Арктического сегмента…

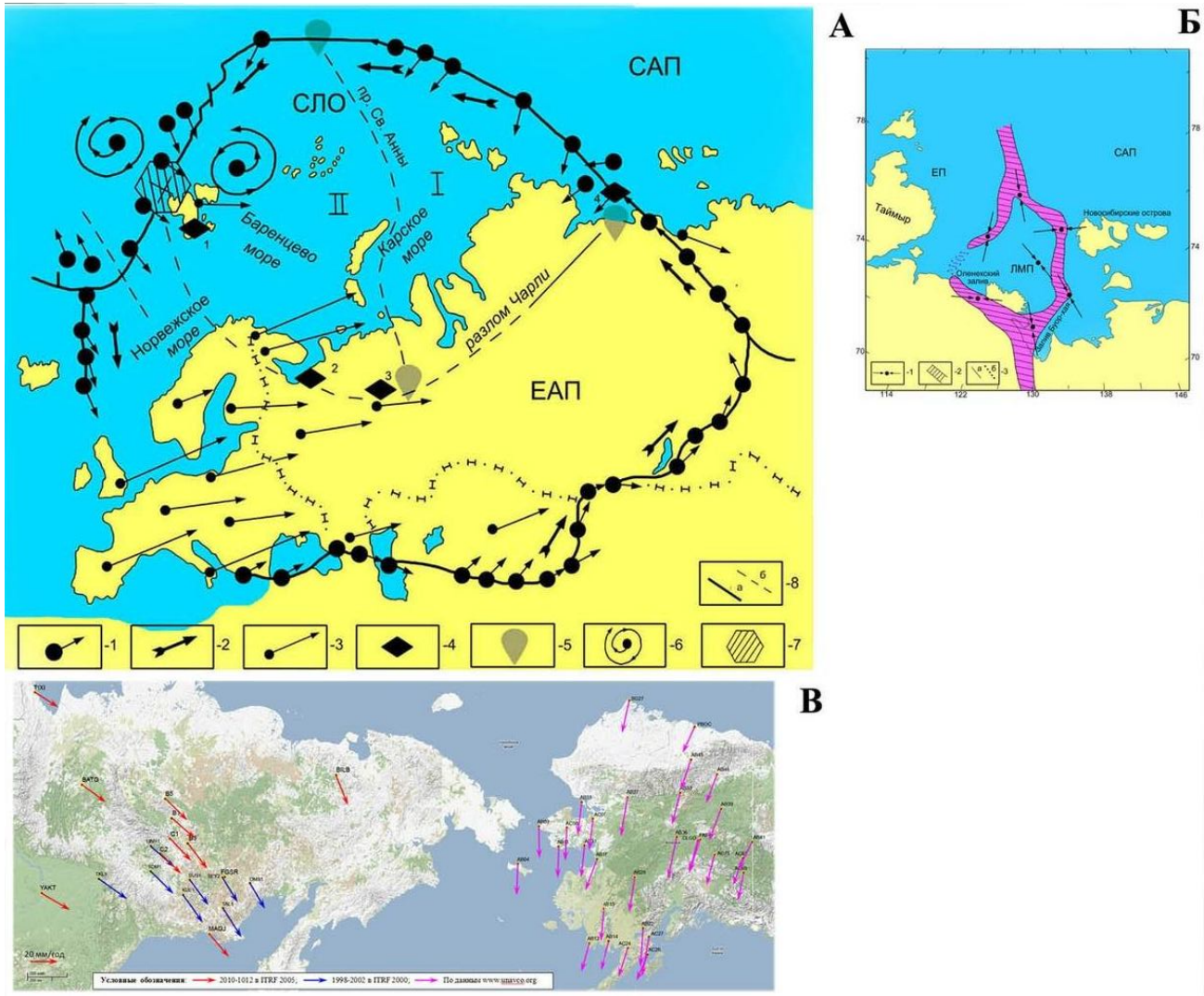


Рис. 4. Схема сопоставления материалов.

А. Комплексная карта геодинамического режима Арктического сегмента[1]

1 – направления векторов скольжения горных масс в очагах сильных (M ≥ 5,0) землетрясений вдоль южной и северной границ Евроазиатской плиты; 2 – генерализованное направление векторов вдоль отмеченных границ; 3 – направления векторов движения согласно спутниковой геодезической сети GPS; 4 – региональные зоны, в пределах которых проявились левосдвиговые смещения; 5 – полюса вращения литосферных плит; 6 – схемы разнотипной (лево – и правосторонней) миграции в очагах слабых (M = 2,8-3,5) землетрясений; 7 – расположение предполагаемой зоны-перемычки, разграничивающей разнотипную миграцию; 8 – граница Евроазиатской литосферной плиты (а); границы, выделенных микроплит и суперблоков (б). ЕАП – Евроазиатская литосферная плита; САП – Северо-Американская плита; СЛО – Северный Ледовитый океан

Б – Оси главных нормальных напряжений сжатия в очагах землетрясений Лаптевоморского шельфа[2] .

1 – ориентация осей главных нормальных напряжений сжатия в очагах землетрясений M = 5,0 (1964–1998); 2 – Лаптевоморская микроплита; 3 – границы плиты: а – уверенные; б – предполагаемые. ЛМП – Лаптевоморская микроплита; САП – Северо-Американская литосферная плита; ЕП – Евразийская плита.

В – векторы горизонтальных движений в регионе контакта северо-востока Азии и западной части Аляски[3]: за 1998–2002 гг., за 2010–2012 гг. по данным ИФЗ РАН для пунктов на территории Аляски по данным UNAVCO (www.unavco.org).

---

[1] Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Современный геодинамический режим.…

[2] Кутинов Ю.Г., Беленович Т.Я. Современная геодинамическая модель…

[3] По данным: Галаганов О.Н., Гусева Т.В., Крупенникова И.С. ГНСС измерений на северо-востоке Азии [Электронный ресурс] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Тезисы докладов XI Открытой Всероссийской конференции, Москва. 2013. ИКИ РАН. М., 2013. Режим доступа: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78&thesis=4277

литосферы (в соответствии с рисунком 3.Б). Менее отчетливо эта зона выделяется в поле силы тяжести, особенно на территории Русской платформы, но, тем не менее, она трассируется по изменению характера рисунка изоаномал (в соответствии с рисунком 3.А).

В то же время на разных картах эта зона имеет различную площадь распространения, что связано не только с природными факторами (разная глубинность, разная степенная зависимость влияния соседних масс и т.п.), но и с техническими характеристиками (высотность съемки, плотность точек, разная степень изученности).

Континентальная часть Евроазиатской ветви не является пассивной структурой и характеризуется совокупностью активизированных структур земной коры, конформных границе береговой линии Северного Ледовитого океана (СЛО). Вдоль побережья севера Евразии протягивается и полоса районов, испытывающих современное воздымание и являющимся достаточно высокоактивными сейсмическими областями. Пока нельзя с полной уверенностью сделать вывод о сейсмичности всех зон поднятий. Возможно, слабая сейсмичность ряда воздымающихся ныне районов или их асейсмичность обусловлены отсутствием наблюдений[1]. Но это районы будущей эксплуатации шельфовых нефтегазовых месторождений и их эксплуатация может привести к приращению интенсивности землетрясений на 2–3 балла и создавать сейсмически опасные участки в пределах в среднем безопасных районов.

Проведенное нами ранее исследование направлений векторов скольжения горных масс в очагах сильных ($M \geq 5.0$) землетрясений вдоль границ Евроазиатской плиты[2] показало, что изменение в направлении векторов происходит с юго-восточной границы хребта Гаккеля и продолжается с заворотом вплоть до сочленения со Шпицбергенской зоной разломов и хребтом Книповича, где происходит резкий разворот направления векторов. Полученные данные говорят об автономном левостороннем вращении Евроазиатской плиты (рис. 4.А) относительно собственного центра (полюса Эйлера, рис. 1).

Далее в пределах Евроазиатской плиты были проанализированы четыре региональные зоны, в пределах которых также выделены левосторонние вращения[3]: район о. Шпицберген; морфоструктурный узел сочленения Беломорского геоблока и Балтийско-Мезенской трансблоковой зоны; Полюдовское поднятие; Лаптевоморский шельф (рис. 4.А, № 1–4). Из анализа материалов следует вывод о том, что исследуемые зоны создают локальные (в пределах своих территорий), региональные (в пределах их объединений) и глобальные (в пределах самой Евроазиатской плиты) левосторонние вращения.

Из выше изложенного следует, что при левостороннем повороте (смещении) Евроазиатской плиты ее земная кора в пределах севера Евразии испытывает на современном этапе региональное северо-восточное сжатие. Т.е., здесь также выделяется район со сложным пространственным взаимодействием геодинамических процессов различных рангов, формирующим нелинейную структуру напряженно-деформированного состояния земной коры, где взаимодействие блоков реализуется в условиях стесненных вращательных движений.

Ранее нами был сделан вывод о преобладании режима сжатия в районе Лаптевоморского шельфа. Эта зона является южным окончанием Срединно-Арктического сейсмического пояса, трассирующего дивергентную границу Евразийской и Северо-Американской литосферных плит.

Она выделяется в тектоническом и геодинамическом плане историей развития, связанной с изменениями полей напряжений, которые обязаны существованием в пределах шельфа Момского рифта. Система Момских впадин в современную геодинамическую эпоху развивается в ином геодинамическом режиме – режиме транспрессионного сжатия, вызванного сближением Евразийской и Северо-Американской плит. Последнее обусловлено изменением положения полюса вращения этих плит, который переместился с побережья Охотского моря в район побережья моря Лаптевых[4].

На рисунке 4.Б изображена Лаптевоморская плита, в пределах которой показана ориентация осей сжатия в очагах сильных землетрясений ($M \geq 5.0$). Направления осей сжатия меняют свою азимутальную ориентацию от направления на север против часовой стрелки, создавая левостороннее вращение плиты и, как следствие, преобладающий режим сжатия.

Проведенные в последние годы исследования ИФЗ РАН (данные GPS-станций) подтверждают сделанный нами вывод, что этот район (включая хр. Черского) относится с Евроазиатской плите (рис. 4.В) и принятые ранее границы Евроазиатской плиты необходимо уточнять.

Далее нами было проведено сопоставление геодинамических режимов обрамления Евроазиатской литосферной плиты: северной, юго-западной и восточной части.

Особый интерес представляло изучение геодинамического режима юго-западной части Евразии, где по геологическим и сейсмологическим данным между Евроазиатской, Аравийской и Африканской плитами отмечены протяженные пояса повышенной современной тектонической активности и деформаций[5], названные транзитными зонами[6], т.е. наблюдается взаимодействие трех литосферных плит, как и на северной границе Евроазиатской литосферной плиты. В пределах этих зон выделяются блоки различных размеров, ограниченные сейсмоактивными разломами и характеризующиеся современной разнонаправленной подвижностью. Объектом исследований являлась территория с координатами: γ=0° – 55° в.д. и λ= 30° ¯ 50° с.ш.[7]. В ее пределах были построены и проанализированы схемы

[1] Там же.
[2] Беленович Т. Я., Кутинов Ю. Г. Современный геодинамический режим….
[3] Беленович Т. Я., Кутинов Ю. Г. Указ. соч.
[4] Имаев В. С., Имаева Л. П., Козьмин Б. М. Океанические и континентальные рифты северо-восточной Азии и области их сочленения (сейсмотектонический анализ) //Литосфера. 2004, № 4. С. 44–61.
[5] Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Тюпкин Ю.С. Блоковые структуры и кинематека Западной Евразии по данным GPS // Геотектоника. 2007. № 1. С. 30–42.
[6] Гатинский, Ю.Г., Рундквист Д.В. Транзитные зоны в современной блоковой структуре Евразии // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Матер. XXXVIII Тектонич. совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2005. С. 130–132.
[7] Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Особенности геодинамического режима земной коры севера и юга Евразии // Вестник Поморского государственного университета. Сер. Естественные и точные науки. 2008. № 1(13). С. 54–58.

направлений векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений с магнитудой M ≥ 4,0 за периоды: 1980–1983 (рис. 5.А, а) и 1990–1993 гг. (рис. 5.А, б), и выявлены зоны разнонаправленных смещений векторов, границы которых фрагментарно совпадают с границами сейсмоактивных и транзитных зон. Исследования показали, что даже в пределах единых блоков выделяется более мелкие участки разнонаправленности векторов, что говорит о повышенной дискретности блоков. Наиболее хаотичная картина разнонаправленности векторов отмечается в пределах[1] $\gamma = 15°–30°$ в.д. и $\lambda = 30°–47°$ с.ш. Здесь располагаются Апулийский, Динарский, Эгейский, Радопо-Синопский, Мендерес блоки. Эта зона является стыком северных границ Аравийской и Африканской литосферных плит и южной границы Евроазиатской плиты. Здесь же отмечена повышенная сейсмичность и разнонаправленность векторов по данным сети GPS. Анализ схем за период 1990–1993 гг. (рис. 5.А, б) показал, что разнонаправленность векторов в принципе не меняется, что говорит об устойчивости во времени смены поля напряженно-деформируемого состояния земной коры и стабильности ее геодинамического режима.

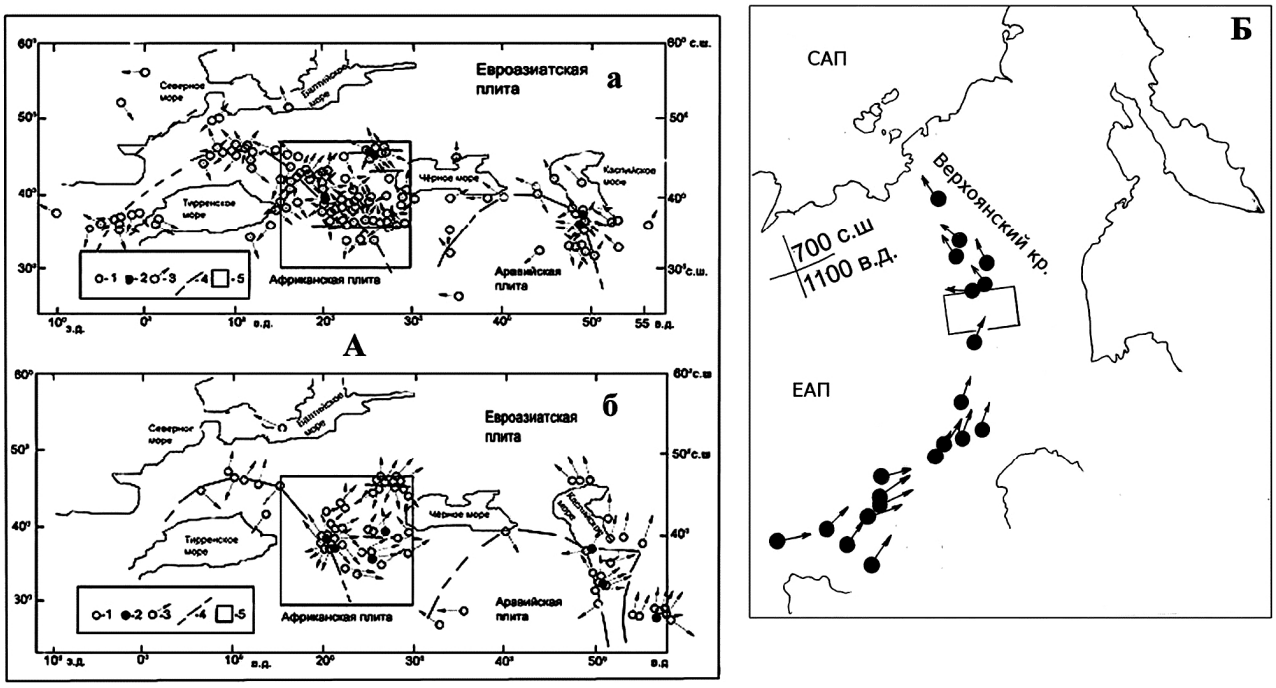


Рис. 5. Геодинамический режим Евроазиатской литосферной плиты[2]

А – схема направления векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений Западной Евразии[3]: а – за 1983 г.; б – за 1990 г.: 1- эпицентры землетрясений с M ≥ 4,5; 2 – с M = 6,0; 3 – направления векторов скольжения; 4 – границы, разделяющие участки разнонаправленных векторов; 5 – участок хаотичного направления векторов. В – схема направления векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений Востока Евразии с магнитудой M ≥ 4,3–5,0 за период 1964–1991 гг.

В результате изучения изменения направления векторов в проекции на вертикальную плоскость и верхнюю полусферу стереографической проекции с глубиной h = 0–5 км, 5–10 км и h = 16–30 км до 50 км отмечена разнонаправленность векторов смещения в очагах землетрясений. Участки с нестабильным геодинамическим режимом четко прослеживаются от поверхности практически до 30 км, пронизывая всю земную кору. Т.е., наблюдается высокая современная геодинамическая активность транзитных зон между Евроазиатской, Аравийской и Африканской плитами, служащими участками передачи и релаксации, возникающих на границах этих структур кинематических напряжений. Скорее всего, вещество литосферы в пределах этих зон находится на отдельных стратификационных уровнях в особом квазипластичном состоянии[4].

Восток Евразии представляет собой тройное сочленение Верхоянского хребта с Алданским нагорьем и хребтом Сунтар-Хаята. Из схемы направления векторов скольжения горных масс в очагах землетрясений с магнитудой M = 4,3–5,0 за период 1964–1991 гг. видно резкое изменение направления векторов юго-восточного (широтного) на северо-восточное (меридиональное) в пределах Верхоянского хребта (зона тройного сочленения) (рис. 5.Б).

Данные о горизонтальных движениях вращения и деформации блоков, наряду с выделением в этих зонах значительных объемов сейсмической энергии, подчеркивают сложность границ между главными литосферными плитами (сложно устроенные системы многоуровнего взаимодействия). Развитие геодинамических процессов тесно связано с фазовыми переходами вещества в недрах, провоцирующего движение масс и энергии в разных оболочках Земли.

[1] Гатинский, Ю.Г., Рундквист Д.В. Транзитные зоны…

[2] Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Геодинамический режим обрамления Евроазиатской литосферной плиты //Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе. Т. 2. Матер. Всерос. совещ. 2012. Иркутск. С. 8–10.

[3] Трифонов В.Д., Певнев А.К. Современные движения земной коры по данным космической геодезии // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 374-401.

[4] Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Нефть в породах фундамента и рифейских отложениях Мезенской синеклизы и юго-восточного склона Балтийского щита //Глубинная нефть, 2013. Т. 1. № 5. С. 620–637.

Выводы[1]:

1) геодинамический режим Севера и Юга Евразии резко различается. На Севере Евразии тройным сочленением Евроазиатской, Северо-Американской и Гренландской литосферных плит является асейсмичный блок (или полюс Эйлера), а на Юге Евразии тройным сочленением Евроазиатской, Аравийской и Африканской плит является тектонически активный и высоко сейсмичный участок;

2) различие геодинамического режима Севера и Юга обусловлено тем, что на Севере Евразии сочленение происходит в условиях растяжения хр. Гаккеля, а на Юге – сжатия (надвигания) Аравийской и Африканской плит на Евроазиатскую;

3) геодинамический режим Востока Евразии также отличается от обстановок на Севере и Юге плиты и обусловлен, вероятно, отсутствием непосредственного взаимодействия между глобальными литосферными плитами и вызван автономным вращением Евроазиатской литосферной плиты.

Полученные результаты в пределах окраинно-континентальной зоны Северной Евразии, подтверждают полученный ранее вывод о сложном пространственно-временном взаимодействии геодинамических процессов различных рангов, формирующих нелинейную структуру напряженно-деформируемого состояния земной коры, где взаимодействие блоков реализуется в условиях стесненных вращательных движений[2]. В условиях современного геодинамического состояния Евроазиатская ветвь Арктической окраинно-континентальной зоны может рассматриваться как единая структура и принятые ранее границы Евроазиатской литосферной плиты необходимо уточнять.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1996. 185 с.
2. Арктика на пороге третьего тысячелетия (ресурсный потенциал и проблемы экологии) / Под ред. И.С. Грамберга и Н.П. Лаверова. СПб.: Наука, 2000. 247 с.
3. Атлас геологических и геофизических карт России и прилегающих акваторий / Отв. ред. А.А. Смыслов .СПб.: ВСЕГЕИ, 1995.
4. Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Геодинамический режим Срединно-Арктического хребта // Разломобразование и сейсмичность в литосфере: тектонофизические концепции и следствия. Материалы Всерос. совещ. 2009. Т. 1. Иркутск, 2009. С. 86–88.
5. Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Геодинамический режим обрамления Евроазиатской литосферной плиты // Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе. Матер. Всерос. совещ. 2012. Т. 2. Иркутск. 2012. С. 8–10.
6. Беленович Т. Я., Кутинов Ю. Г. Особенности геодинамического режима земной коры севера и юга Евразии // Вестник Поморского государственного университета. Сер. «Естественные и точные науки», 2008. № 1(13). С. 54–58.
7. Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Современный геодинамический режим и напряженно-деформируемое состояние Срединно-Арктического хребта // Геофизика XXI столетия: 2007 год. Сб. трудов Девятых геофизических чтений им. В.В. Федынского. Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2008. С. 16–22.
8. Богданов Н.А., Хаин В.Е., Шипилов Э.В. Система кайнозойских рифтов Восточной Арктики и ее возможное значение // Доклады АН, 1995. Т. 345. № 1. С. 84–86.
9. Галаганов О.Н., Гусева Т.В., Крупенникова И.С. ГНСС измерений на северо-востоке Азии [Электронный ресурс] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Тезисы докл. XI Открытой Всерос. конф. Москва. 2013. ИКИ РАН. М., 2013. Режим доступа: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=78 &thesis=4277
10. Гатинский, Ю.Г., Рундквист Д.В. Транзитные зоны в современной блоковой структуре Евразии // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Матер. XXXVIII Тектонич. совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2005. С. 130–132.
11. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Тюпкин Ю.С. Блоковые структуры и кинематика Западной Евразии по данным GPS // Геотектоника. 2007. № 1. С. 30–42.
12. Имаев В.С., Имаева Л. П., Козьмин Б. М. Океанические и континентальные рифты северо-восточной Азии и области их сочленения (сейсмотектонический анализ) //Литосфера. 2004, № 4. С. 44–61.
13. Кутинов Ю.Г. Экогеодинамика Арктического сегмента земной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 388 с.
14. Кутинов Ю.Г., Беленович Т.Я. Современная геодинамическая модель Севера Евразии // Геофизика XXI столетие: 2006 год: Сборник трудов геофиз. чтений им. В.В. Федынского. М.: Научный мир, 2007. С. 119–124.
15. Кутинов Ю.Г., Беленович Т.Я., Чистова З.Б. Современная геодинамика Арктического нефтегазоносного супербассейна // Глубинная нефть, 2013. Т. 1. № 9. С. 1307–1336.
16. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Нефть в породах фундамента и рифейских отложениях Мезенской синеклизы и юго-восточного склона Балтийского щита // Глубинная нефть, 2013. Т. 1. № 5. С. 620–637.
17. Пронин В.П., Лопатин Д.В. Корреляция геофизических полей. М.: ИЗМИРАН, 1991. 256 с.
18. Север: арктический вектор социально-экономических исследований / Под ред. А. Г. Гранберга, В. Н. Лаженцева. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2008. 408 с.
19. Трифонов В.Д., Певнев А.К. Современные движения земной коры по данным космической геодезии // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 374–401.
20. Filatova N.I., Khain V.E.. "Tectonics of the Eastern Arctic region." *Geotectonics* 41.3 (2007): 171–194.
21. Jokat W., Schmidt-Aursch M.C. "Geophysical Characteristics of the Ultraslow Spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean." *Geophysical Journal International* 168.3 (2007): 983–998.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11—2011:

Кутинов, Ю. Г., Чистова, З. Б., Беленович, Т. Я. Современный геодинамический режим Арктической окраинно-континентальной зоны / Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова, Т.Я. Беленович // Пространство и Время. — 2014. — № 1(15). — С. 208—215. Стационарный сетевой адрес: 2226-7271provr_st1-15.2014.72.

[1] См. также: Кутинов Ю.Г., Беленович Т.Я., Чистова З.Б. Современная геодинамика Арктического нефтегазоносного супербассейна // Глубинная нефть, 2013. Т. 1. № 9. С. 1307–1336.

[2] Беленович Т.Я., Кутинов Ю.Г. Геодинамический режим Срединно-Арктического хребта…