

УДК 552.24

## ТЕРРИТОРИЯ РОССИИ В СОВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЕ ЕВРАЗИИ: ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Д.В. Рундквист<sup>1</sup>, Ю.Г. Гатинский<sup>1</sup>, В.А. Буш<sup>2</sup>, В.Г. Кособоков<sup>3</sup><sup>1</sup>Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук, Москва, Россия<sup>2</sup>Государственное научно-производственное предприятие "Аэрогеофизика", Москва, Россия<sup>3</sup>Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, Москва, Россия

Гетерогенное строение территории России, различная степень вовлечения отдельных ее структур в тектоническую переработку на современном этапе отражаются в неравномерности проявления новейших геодинамических напряжений. В работе показаны распределение интенсивности сейсмических процессов на этой территории и в прилегающих частях Евразии и связь их с крупными неотектоническими структурами континента. Наиболее подвижны краевые части рассматриваемой территории, находящиеся в пределах современных границ литосферных плит, микролит и зон коллизии. Наряду с этим, устанавливаются локальные проявления сейсмичности и неотектонических подвижек во внутренних частях, принадлежащих к докембрийским платформам и древним складчатым областям. Некоторые из них, по-видимому, связаны с глубинной активностью мантии ниже уровня взаимодействия литосферных плит. Проведенный анализ подтверждает многофакторность современной сейсмогеодинамической активности на территории России. Авторы предлагают называть наиболее стабильную на современном этапе часть континента Северо-Евразийской литосферной плитой, поскольку в палеотектоническом аспекте к Евразийской плите принято относить значительно большую часть Евразии.

## THE TERRITORY OF RUSSIA IN THE EURASIA MODERN STRUCTURE: GEODYNAMICS AND SEISMICITY

D.V. Rundkvist<sup>1</sup>, Yu.G. Gatinsky<sup>1</sup>, W.A. Bush<sup>2</sup>, V.G. Kossobokov<sup>3</sup><sup>1</sup>Vernadsky State Geological Museum, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia<sup>2</sup>State Enterprise Aerogeofizika, Moscow, Russia<sup>3</sup>International Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The heterogenic structure of the Russia territory and different intensity of its tectonic reworking result in the irregular development of modern geodynamics stress. The work shows how seismicity is distributed through this territory and adjacent parts of Eurasia and how seismic processes are connected with some large neotectonic structures of the continent. Marginal parts of the territory coincide with the boundaries of lithospheric plates, microplates, and collision zones. They are the most mobile at the modern stage. Some local manifestations of seismicity and neotectonic displacements are also established within intracontinental parts belonging to Precambrian platforms and some ancient folded domains. It seems that such manifestations, at least partly, are connected with deep-seated mantle activity below the level of lithospheric plate interaction. The analysis proves that the modern seismogeodynamic activity depends on many factors in the examined territory. The authors suggest to distinguish the most stable part of the continent as the North Eurasia lithospheric plate (*sensu stricto*), because in the paleotectonic aspect the Eurasia plate (*sensu lato*) spreads to a considerably greater part of the continent.

## Введение

Известно, что различные части территории нашей страны обладают неодинаковой интенсивностью современных движений земной коры. Чем объясняется высокая сейсмичность восточных и южных районов и почему практически асейсмичны обширные пространства Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири? Для ответа на эти и другие вопросы, связанные с закономерностями проявления и причинами современной тектонической активности на территории России и в прилегающих к ней частях Евразии, необходимо вначале рассмотреть структуру земной коры этой территории (чтобы установить основные различия в реологии среды проявления новейших движений в ее пределах) и затем проанализировать главные факторы, определяющие ее подвижность.

Изучению современной геодинамики Евразии, включая территорию России, способствовало создание в Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского электронного геодинамического глобуса масштаба 1:10000000 на основе применения ГИС-технологий.

### 1. Тектоническое строение

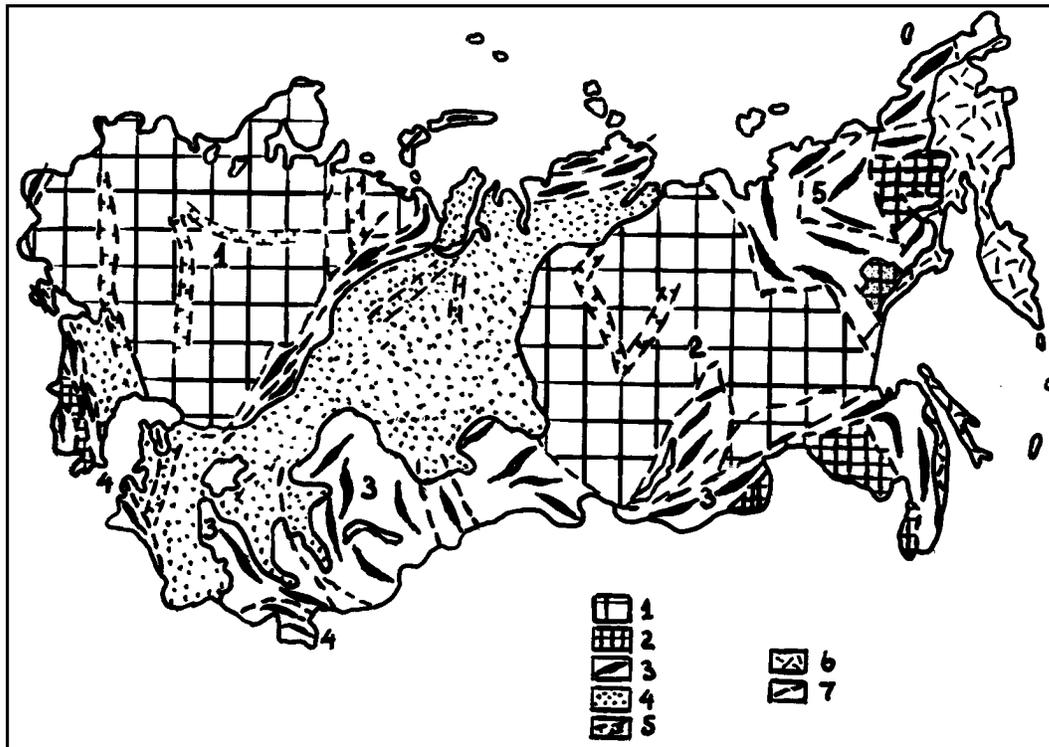
Характерной чертой тектоники Евразии является гетерогенная коллизионно-аккреционная природа этого континента, вхождение в его состав многочисленных блоков континентальной коры различного возраста, которые объединились на протяжении последних 1.0–1.5 млрд лет в результате процессов столкновения древних континентальных масс или приращения мелких блоков и островных дуг к краям крупных континентов. При таких процессах возникли структуры сжатия (орогены, складчатые пояса), широко распространенные во внутренних частях Евразийского континента. Эта особенность, впервые отмеченная около 30 лет назад П.Н. Кропоткиным [1], позднее А.Л. Яншиным с соавторами [2], Л.П. Зоненшайном и его коллегами [3], принципиально отличает Евразию от южных материков – Африки, Австралии, Южной Америки и Антарктиды, возникших при дроблении и распаде (рифтинге) суперконтинента Гондвана.

На территории России и стран СНГ находятся два крупнейших блока (кратона) древней дорифейской континентальной коры Евразии. Это Восточно-Европейская и Сибирская платформы, ранее являвшиеся самостоятельными палеоконтинентами (рис. 1). В их пределах выделяются локальные структуры растяжения: палеорифты и авлакогены рифейского или фанерозойского возраста. Более мелкие докембрийские блоки образуют срединные массивы в составе складчатых поясов, некоторые из них погребены под более молодыми осадочными чехлами (в Западной Сибири, Центральной Азии, на шельфах прилегающих морей).

При сближении и взаимодействии древних жестких блоков образовались рифейские и фанерозойские складчатые пояса (коллизионные орогены), разделяющие эти относительно стабильные структуры. Крупнейшими среди них являются: Центрально-Азиатский пояс – он проходит на рассматриваемой территории от Урала и Западной Сибири через Казахстан и Алтае-Саянскую область в Забайкалье и Приамурье; Альпийско-Гималайский пояс, проходящий из Южной Европы через Карпаты, Крым, Кавказ и южную часть Центральной Азии; Верхояно-Чукотский – на северо-востоке России. Строение поясов весьма неоднородно. В их состав входят краевые части древних платформ – бывшие пассивные окраины палеоконтинентов, интенсивно деформированные при процессах коллизии (западный склон Урала, Верхоянье); разных размеров и формы микроконтиненты, часто перемещенные на значительные расстояния из первоначального положения; фрагменты древних вулканических островных дуг, чехла и фундамента океанических и окраинно-морских бассейнов прошлых эпох. Они образуют в совокупности мощные аккреционные комплексы, которые наращивают окраины древних кратонов.

Самостоятельный тектонический элемент представляют собой структуры позднемезозойских и современных активных континентальных окраин и островных дуг на востоке нашей страны (Охотско-Чукотский пояс, Приморье, Камчатка, Курильские острова), частично

аккретированные в разное время к восточной части континента. Они характеризуются широким проявлением молодого магматизма и возникли в результате взаимодействия литосферных плит Евразии и Тихого океана. С наиболее молодыми из этих структур сопряжены окраинные моря, в глубоководных котловинах которых в кайнозое образовалась кора океанического типа.



**Рис. 1.** Схема тектонического районирования России, стран СНГ и Балтии:

1 – древние платформы с докембрийским фундаментом (крупные палеоконтиненты); 2 – более мелкие континентальные фрагменты (срединные массивы в складчатых поясах); 3 – фанерозойские складчатые пояса (коллизионные орогены); 4 – мезозойкайнозойские осадочные чехлы; 5 – континентальные рифты и авлакогены под чехлом более молодых осадков; 6 – комплексы мезозойских активных окраин, кайнозойских коллизионных орогенов и островных дуг на востоке России; 7 – крупные разрывные нарушения.

Цифрами обозначены: 1–2 – древние платформы: Восточно-Европейская (1), Сибирская (2); 3–5 – складчатые пояса: Центрально-Азиатский (3), Альпийско-Гималайский (4), Верхояно-Чукотский (5)

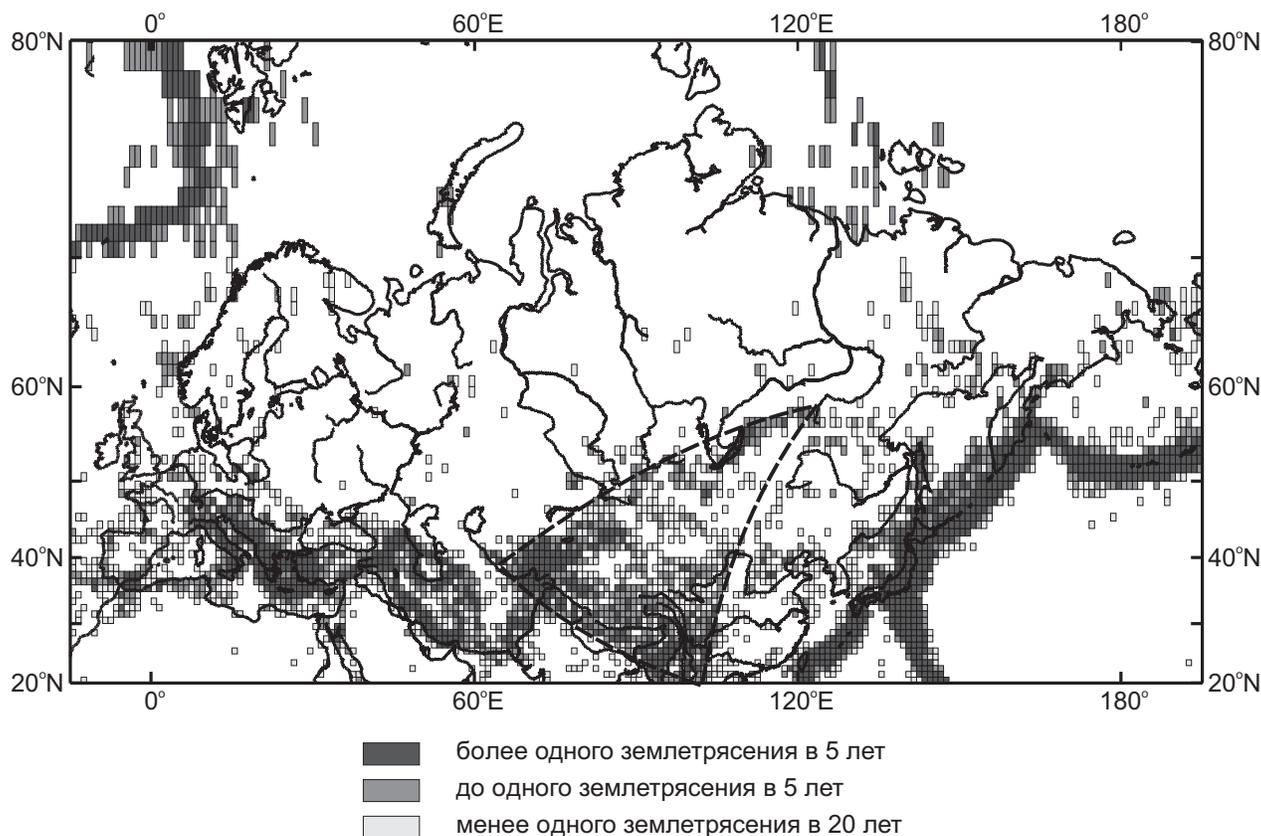
Таков в самых общих чертах структурный план территории России и стран СНГ, сформировавшийся на протяжении длительной и сложной истории объединения и последующего преобразования Евразийского континента. Линиями наибольшей тектонической и сейсмической активности прошлого несомненно являлись границы крупных структур, вдоль которых обычно происходило взаимодействие палеоплит и столкновение палеоконтинентов (“швы столкновения” [4]). Однако, если обратиться к современной геодинамике этой территории, выясняется, что проявления новейшей тектонической активности не всегда совпадают со структурными границами предшествующих эпох.

## 2. Современная геодинамика

Анализ электронного геодинамического глобуса показывает, что наиболее сейсмичными являются юго-западная, южная и восточная окраины континента, где Евразийская плита и более мелкие микроплиты, выделяемые в пределах континента, взаимодействуют с Африканской, Аравийской, Индо-Австралийской и Тихоокеанской главными литосферными плитами вдоль зон коллизии и субдукции. Зоны повышенной сейсмичности и активные разломы наблюдаются на отдельных участках во внутренних частях континента (на северо-востоке, в Забайкалье,

Восточном Китае и Центральной Азии), где они маркируют границы плит, микроплит и отдельных блоков, либо образуют изолированные внутриплитные ареалы.

Обращаясь непосредственно к России, мы наблюдаем сейсмоактивные зоны главным образом в краевых частях ее территории. По плотности размещения эпицентров землетрясений с магнитудой  $M \geq 4.0$ , отнесенных к площади  $10\,000\text{ км}^2$ , условно могут быть выделены участки с высокой сейсмичностью ( $\geq 0.5$  землетрясений в год) и с относительно слабой сейсмичностью ( $< 0.5$  землетрясений в год) (рис. 2).



**Рис. 2.** Карта плотности землетрясений с магнитудой  $M \geq 4.0$  для территории Северной Евразии

Составлена по расчетам среднегодового числа землетрясений на площади  $10\,000\text{ км}^2$  за 1964–1998 гг. с использованием данных Национального Центра информации о землетрясениях США [5]. Пунктирной линией условно показан “треугольник” максимальной сейсмической активности Центральной Азии

На основании схемы, представленной на рис. 2, а также геологических и неотектонических данных может быть выделен ряд регионов и зон активного проявления новейших геодинамических процессов на территории нашей страны и Северной Евразии в целом.

- Северная и северо-восточная окраины континента, в пределах которых современная сейсмогеодинамическая активность связана, в первую очередь, со спредингом в позднем кайнозое Арктического океанического бассейна в подводном хребте Гаккеля и с предполагаемым продолжением этой границы литосферных плит в горной системе Черского на материке.

- Восточная окраина континента, где ведущим тектоническим процессом, начиная по крайней мере с позднего мезозоя, служит субдукция плит Тихого океана под Евразийскую плиту с сопутствующим формированием комплекса аккреционных геологических структур.

- Центрально-Азиатский регион, в пределах которого вдоль южных границ России и на прилегающих территориях неравномерно проявлена неотектоническая подвижность, индуцируемая в основном столкновением с Индийским субконтинентом в Гималаях и на Памире. Под влиянием этой коллизии происходит “торошение” южного края Евразийского континента с

образованием микроплит и блоков различного размера и разной глубины заложения. Именно к их границам приурочены, в первую очередь, “всплески” современной сейсмогеодинамической активности.

- Юго-западный регион Евразии, где сходные с предыдущими геодинамические процессы (но в несколько меньших масштабах) проявляются под воздействием коллизии с Аравией в Загросе, на Кавказе, в Анатолии и с другими фрагментами Гондваны в Южной Европе.

- Западная и северо-западная окраины континента, находящиеся под влиянием раскрытия Атлантики в процессе спрединга в Срединно-Атлантическом хребте.

- Внутренние части континента в пределах Западной Европы и России, где современная активность может определяться различными факторами, включая:

- крупномасштабные сдвиговые перемещения отдельных фрагментов коллизионных и аккреционных складчатых поясов вдоль разломов, проникающих далеко за пределы этих структур и служащих проводниками сейсмоактивных процессов во внутренние части стабильных континентальных блоков;

- развитие локальных термально-плотностных неоднородностей в верхней мантии (горячих точек, мантийных плюмов) под Евразийским континентом, обуславливающих проявление позднемезозойского-кайнозойского внутриплитного магматизма и сейсмичности за пределами активных зон.

Рассмотрим теперь современную геодинамическую активность и сейсмичность России и прилегающих территорий по отдельным регионам.

## 2.1. Северная и северо-восточная окраины континента

В пределах Арктического бассейна прослеживается протяженная сейсмическая зона, совпадающая с подводным хребтом Гаккеля (1 на рис. 3). Вдоль оси хребта проходит рифт, в котором в процессе спрединга наращивается новая океаническая кора и преобладают напряжения растяжения. Эта структура служит границей между Северо-Американской и Евразийской плитами. Здесь развита мелкофокусная относительно слабая сейсмичность, свойственная спрединговым зонам. К западу от Новосибирских островов ось спрединга хребта Гаккеля подходит к краю континента, и дальнейшее продолжение границы двух плит является дискуссионным. Большинство исследователей продолжают ее к юго-востоку по зоне слабой рассеянной сейсмичности в системе горных хребтов Черского [6–8], но имеется также мнение, что она проходит на восток по шельфу Восточно-Сибирского моря в направлении Аляски [9].

Мы принимаем первый вариант как более обоснованный, поскольку устойчивая сейсмическая зона юго-восточного простирания пересекает шельф и край континента к востоку от устья р. Лены и продолжается далее вдоль горной системы Черского. На всем протяжении зоны развиты активные разломы. Решения фокальных механизмов, рассчитанные в эпицентрах отдельных землетрясений, указывают на преобладание левосторонних сдвигов со сжатием вдоль простирания зоны и правосторонних смещений по системе поперечных разломов [8]. Между последними расположены отдельные структуры растяжения северо-западного простирания типа pull-apart, наиболее изученной из которых является Момский рифт (2 на рис. 3). Характерно, что рассматриваемая зона совпадает с северо-восточным обрамлением древней Сибирской платформы (см. рис. 1), которое являлось на протяжении многих миллионов лет пассивной окраиной палеоконтинента, а, начиная с позднего мезозоя, – зоной коллизии. Такая предыстория обусловила существенную реологическую неоднородность данного участка земной коры, что, по-видимому, предопределило проградацию оси спрединга Арктического бассейна в юго-восточном направлении.

## 2.2. Восточная окраина континента

К восточной части Евразии примыкает комплекс структур, связанных с взаимодействием Евразийской плиты и литосферных плит Тихого океана. Это глубоководные желоба, Курило-Камчатская и Японская островные дуги и отделяющие их от материка окраинные моря. С ними

сопряжена зона интенсивной сейсмичности, одна из наиболее активных на Земле (3 на рис. 3). Характерной чертой этой окраины и прилегающих частей Евразии является раздробленность на ряд относительно крупных блоков, таких, как Охотская (6 на рис. 3), Япономорская (8) и Амурская (9) микроплиты. В итоге высокая сейсмичность здесь связана не только с процессами в зоне субдукции, но и с активными перемещениями вдоль разломов, разделяющих упомянутые микроплиты.

Территория Северо-Американской плиты к северо-востоку от упомянутой границы (3 на рис. 3) практически асейсмична. Слабосейсмичная зона проходит лишь вдоль Северной Камчатки, восточного побережья Корякии и Чукотки (4 на рис. 3), отделяя от основной части Северо-Американской плиты микроплиту Берингова моря. Активность этой зоны проявляется в подвижках по отдельным сдвигам и в пределах миоценовой аккреционной призмы на севере Камчатки.

Из всего сказанного следует, что на северо-востоке Евразии современная тектоническая и сейсмическая активность связана прежде всего с развитием зоны активных разломов на простирании оси растяжения Арктического бассейна (хребет Гаккеля) в пределах континента в горной системе Черского. В меньшей степени в этом регионе проявляется реманентная активность позднекайнозойских аккреционных структур.

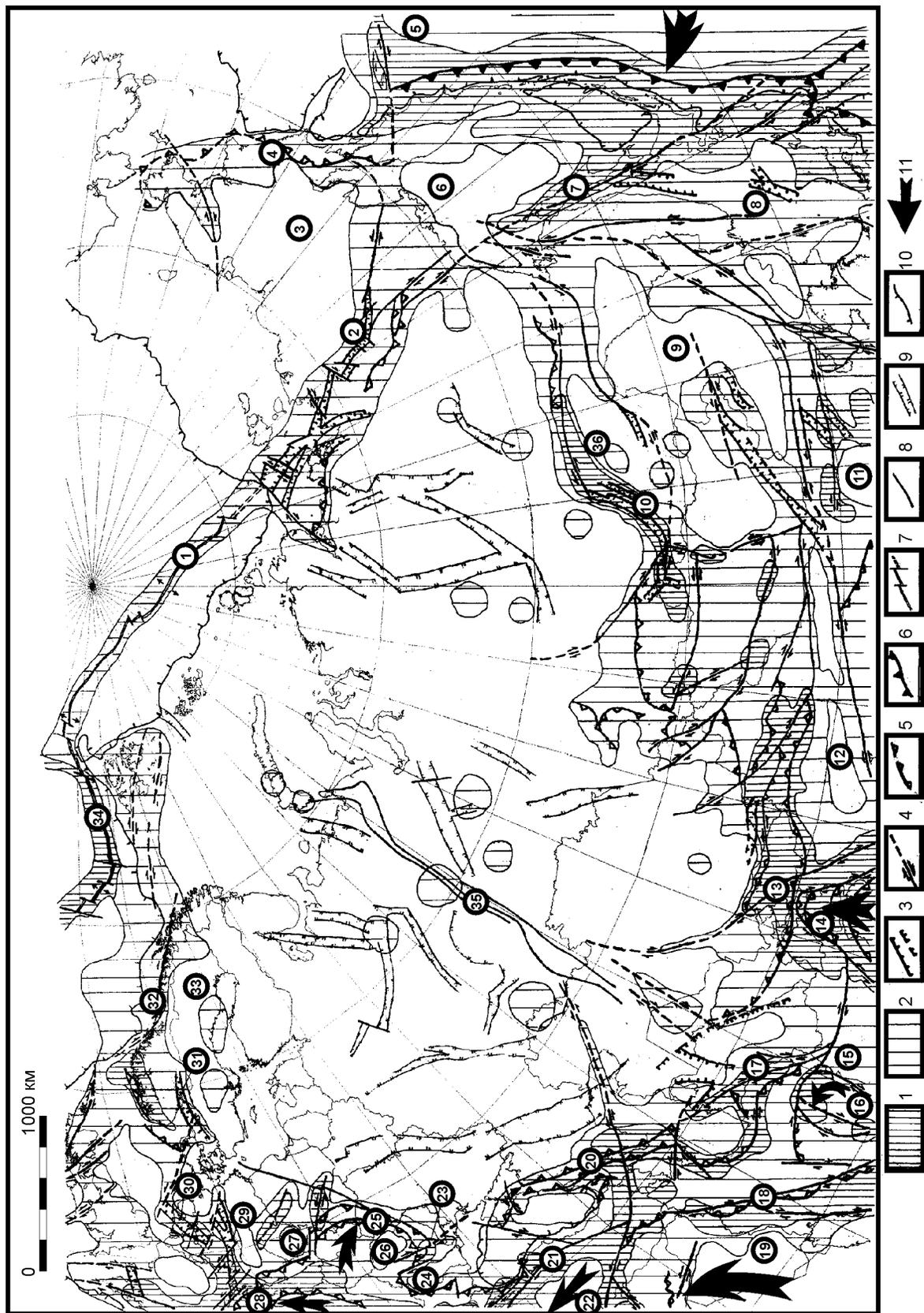
Тихоокеанская плита (5 на рис. 3) движется к северо-западу относительно Евразийской и Северо-Американской. Ее северная граница проходит вдоль крупного правого сдвига на западе Алеутской дуги. Расположенная западнее Охотская микроплита ограничена на севере зоной рассеянной сейсмичности, протягивающейся вдоль побережья Охотского моря в районах Магадана и п-ова Тайгонос. Более четко выражена западная граница Охотской микроплиты, совпадающая с протяженной зоной активных разломов (7 на рис. 3), которая начинается к северу от о. Хонсю, пересекает о. Хоккайдо и далее прослеживается вдоль о. Сахалин. На большом протяжении эта зона является высокосейсмичной, особенно на севере Японии и на Сахалине. Решения фокальных механизмов указывают на правый сдвиг [8] с существенной (не менее 20%) компонентой субширотного сжатия. Подвижки по разломам зоны были, в частности, причиной разрушительного землетрясения, произошедшего в районе г. Нефтегорск 27 мая 1995 года. Продолжение рассматриваемой структуры до южных отрогов горной системы Черского, где присутствуют правые сдвиги близкого простирания, является проблематичным, так как северо-западная часть Охотского моря практически асейсмична (рис. 3).

Детальное изучение сейсмичности и морфологии зоны субдукции Курило-Камчатской и Японской дуг показало весьма неоднородное строение ее вдоль простирания [10]. Так, было установлено, что наиболее сильные и глубоководные землетрясения приурочены к тем участкам зоны, под которые погружается более древняя океаническая литосфера (Южные Курилы, Северная Япония). На тех же участках наблюдается наиболее крутое падение сейсмофокальной плоскости (зоны Беньоффа), развитие в тылу дуг глубоководных котловин с океанической корой и повышенным тепловым потоком. Любопытно отметить, что та же продольная неоднородность нередко контролирует смену металлогенической специализации дуг.

Таким образом, сейсмичность восточной окраины Евразии связана прежде всего с субдукцией Тихоокеанской плиты под Евразийскую и с взаимодействием отдельных микроплит в переходной зоне от континента к океану.

### 2.3. Центрально-Азиатский регион

Через южные окраины азиатской части России, Казахстан, Таджикистан, Киргизию, Монголию и Северный Китай проходит палеозойско-мезозойский Центрально-Азиатский коллизионный пояс мозаичного строения (см. рис. 1). На большей части площади своего развития он наследуется поясом новейшей сеймотектонической активности Центральной Азии с ведущим значением в современной структуре сдвиговых деформаций. В его пределах широко распространены зоны протяженных активных сдвигов, которые имеют на западе преимущественно северо-западное простирание, в центре – субширотное и на востоке – северо-восточное. С ними



часто сопряжены структуры растяжения, наиболее крупными среди которых являются Байкальский рифт с приуроченным к нему озером Байкал (10 на рис. 3) и расположенные южнее рифты Восточной Монголии и провинции Шэньси в Китае.

Распределение эпицентров землетрясений здесь крайне неравномерное (см. рис. 2). Проявления слабой, преимущественно мелкофокусной, сейсмичности охватывают большую часть этого региона. Асейсмичными остаются только центральные районы Амурской микроплиты и наиболее стабильные ядра древних платформ на границе Китая и Кореи, а также в центральных частях Ордоса и Тарима (11 и 12 на рис. 3). Наиболее интенсивная сейсмическая активность приурочена к Байкальской рифтовой зоне и ее продолжению на северо-восток и юго-запад, к северному обрамлению Таримской микроплиты в горной системе Тянь-Шаня, а также к Памиру и его северному обрамлению (см. рис. 3). Наряду с этим, локальное усиление сейсмической активности происходит в узлах пересечения или сочленения разломов различных простираний (у озера Убсу-Нур на севере Монголии, к северу от Ордоса в Китае и на других участках).

Особенностью современной геодинамики южной части Центрально-Азиатского региона является преобладание левосторонних сдвигов вдоль широтных и северо-восточных направлений на востоке и в центре его и правосторонних вдоль северо-западных направлений на западе. Это связано с взаимодействием различных блоков в пределах Евразийского континента и, в первую очередь, с коллизией Евразии и Индии, при которой последняя играет главную активную роль, являясь “континентом-индентором” [11] (indent – “зазубрина”, “выступ”).

Под давлением индийского выступа, вершина которого приурочена к Памиру (14 на рис. 3), по обе стороны от него происходит перераспределение и смещение горных масс по левым сдвигам на западе и по правым на востоке. Крупнейшим среди последних является Таласо-Ферганский сдвиг (13 на рис. 3). По мере удаления к востоку от Памирского синтаксиса правосторонние смещения сменяются левосторонними. Последние предположительно наследуют устойчивый поворот Северной Евразии по часовой стрелке на протяжении конца палеозоя и всего мезозоя, устанавливаемый по палеомагнитным данным [12–14].

Вместе с тем, в Центральной Азии просматривается еще более глобальная левосторонняя сдвиговая структура, проходящая от Станового хребта и озера Байкал на юго-запад вплоть до Памира и зоны Кветта в Пакистане с дальнейшим продолжением в подводном разломе Оуэн в Индийском океане [15, 16]. Эта структура ограничивает с северо-запада “треугольник” максимальной сейсмической активности Евразии, вершина которого находится у озера Байкал, а другими сторонами служат Гималаи и зона разломов простиранием  $102\text{--}103^\circ$  в Китае и Монголии (см. рис. 2). Отметим, что биссектриса этого “треугольника”, по расчетам А.А. Соловьева (устное сообщение), по своему направлению близка к вектору современного движения Индо-Австралийской плиты.

←

**Рис. 3.** Схема соотношения сейсмичности и активных разрывных нарушений на территории России и сопредельных стран

1–2 – зоны с различной сейсмичностью: слабой (1), высокой (2) (см. рис. 2); 3–5 – главные активные разломы, установленные и предполагаемые: сбросы (3), сдвиги (4), надвиги (5); 6 – глубинные подвиги на границе континентальной и океанической коры (зоны Бенъоффа); 7 – оси спрединга и трансформные разломы срединно-океанических хребтов; 8 – некоторые крупные неактивные разломы; 9 – границы наиболее значительных погребенных палеорифтов; 10 – внешняя граница шельфа; 11 – предполагаемые направления перемещений главных литосферных плит, некоторых микроплит и блоков.

Цифрами обозначены: 1 – рифт хребта Гаккеля, 2 – Момский рифт, 3 – Северо-Американская плита, 4 – зона сейсмичности Северной Камчатки и Корьякии, 5 – Тихоокеанская плита, 6 – Охотская микроплита, 7 – Сахалинский сдвиг, 8 – Япономорская микроплита, 9 – Амурская микроплита, 10 – Байкальская рифтовая система, 11 – блок Ордос, 12 – Таримский массив, 13 – Таласо-Ферганский сдвиг, 14 – Памир, 15 – Центрально-Афганский массив, 16 – блок Лут, 17 – Копет-Дагский сдвиг, 18 – сдвиг Загроса, 19 – Аравийская плита, 20 – Большой Кавказ, 21 – Большой Анатолийский разлом, 22 – массивы Анатолии, 23 – сейсмический узел Вранча, 24 – Мизийская плита, 25 – Карпатская дуга, 26 – Паннонский массив, 27 – Богемский массив, 28 – Восточные Альпы, 29 – Верхнерейнский грабен, 30 – Нижнерейнский грабен, 31 – грабен Осло, 32 – Шотландско-Норвежская зона сейсмичности, 33 – Балтийский щит, 34 – рифт Срединно-Атлантического хребта, 35 – Урал, 36 – Витимская плоскогорье

Таким образом, активная сейсмотектоническая область на юге азиатской части России прослеживается от побережья Охотского моря около Удской губы вдоль Станового хребта, Забайкалья и Восточных Саян к Кузбассу и Минусе, продолжаясь далее к Памиру. Как мы пытались показать выше, ее активность связана с взаимодействием различных континентальных блоков под влиянием, в первую очередь, коллизии Индостана и Евразии.

#### 2.4. Юго-западный регион Евразии

Большая часть юго-западного региона относится к Альпийско-Гималайскому поясу, протягивающемуся от Альп и Карпат до Восточного Ирана и Афганистана. Современную геодинамику этого региона определяют крупные надвиги и продольные сдвиги, преимущественно правые: (Большой Анатолийский (21 на рис. 3), Загросский (18 на рис. 3), Копет-Дагский (17 на рис. 3), с которым было связано катастрофическое Ашхабадское землетрясение 1948 года), а также ряд поперечных разломов. Среди последних наиболее значительным является левосторонний сдвиг, пересекающий Восточную Анатолию, Кавказ (20 на рис. 3) и предположительно уходящий в северную часть Каспийского моря. Континентом-индентором служит Аравия, движущаяся относительно Евразии в северном направлении [11, 17, 18]. Как и в рассмотренной выше модели, к востоку от Аравии преобладают правосторонние сдвиги северо-западных направлений, а к западу – левосторонние северо-восточного и субмеридионального простирания.

В этой части Альпийско-Гималайского пояса также выделяется несколько самостоятельных блоков земной коры, перемещающихся в различных направлениях под действием столкновения с Аравией. Среди них могут быть названы массив Лут (16 на рис. 3), поворачивающийся против часовой стрелки относительно Центрально-Афганского (15 на рис. 3) и других соседних блоков, а также массивы Анатолии (22 на рис. 3), отодвигающиеся на запад [18]. Большинство этих перемещений происходит, по-видимому, на внутрилитосферных подкорковых уровнях, связанных с пластическими течениями в верхах литосферной мантии, как недавно предположили В.Е. Хаин и Н.А. Яблонская [19], возрождая идеи Э. Аргана. В западной части пояса под влиянием движения жестких блоков Апулийской плиты и Паннонского массива, представляющих собой еще одну группу инденторов [11], происходит изгиб надвиговых цепей Восточных Альп и Карпат (25 на рис. 3).

Большая часть рассматриваемого региона характеризуется достаточно интенсивной сейсмичностью (см. рис. 2). Асейсмичными остаются лишь центральные районы Аравийской плиты, восточная часть акватории Черного моря и древние жесткие блоки Богемского (27 на рис. 3) и Паннонского (26 на рис. 3) массивов, а также Мизийской плиты (24 на рис. 3). Максимально сейсмоактивные зоны совпадают с крупными продольными и поперечными сдвигами и с системами надвигов к югу от Каспийского моря, на Восточном Кавказе, в Закавказье и в Восточных Альпах.

На остальных участках проявления повышенной сейсмической активности приурочены к узлам пересечения систем разломов различного простирания: на востоке Ирана, в северном и, особенно, южном синтаксисе Карпат, где находится высокоактивный узел глубокофокусной сейсмичности Вранча (23 на рис. 3). В этом узле динамические напряжения связаны, по-видимому, с разнонаправленными нарушениями на различных уровнях глубинности. Нижнему из них отвечает глубоко погруженное автохтонное (неперемещенное) основание Карпатской надвиговой системы, в котором должен прослеживаться крупный древний правосторонний сдвиг – “линия Торнквиста” северо-западного простирания, служившая в позднем палеозое, мезозое и начале кайнозоя границей Восточно-Европейской платформы [20]. Верхний уровень представлен аллохтонным мезозойско-кайнозойским структурным комплексом пород Карпатской дуги, пересеченным современной диагональной правосдвиговой зоной Южных Карпат субширотного простирания. Возможно, что глубокофокусная сейсмичность узла Вранча связана также с погружением в мантию оторвавшегося слэба океанической литосферной плиты, которая субдуцировала в конце мезозоя – начале кайнозоя под Евразию со стороны палеоокеана Тетис.

## 2.5. Западная и северо-западная окраины континента

Эти окраины практически полностью расположены за пределами территории России. Основными элементами современной геодинамики здесь являются северный сегмент Срединно-Атлантического хребта (34 на рис. 3), близко подходящий к о. Шпицберген и Северной Скандинавии, континентальная окраина и ряд сейсмоактивных структур, протягивающихся вдоль нее. Зона повышенной сейсмичности в пределах континентального склона, шельфа и прилегающих частей материка прослеживается от Шотландии на северо-северо-восток через Северное море, затем вдоль побережья Норвегии и края шельфа к о. Шпицберген (32 на рис. 3). Активность этой зоны прежде всего связана с напряжениями сжатия со стороны Срединно-Атлантического хребта, что подтверждается развитием надвигов у побережья Северной Дании и Норвегии. Частично эти напряжения, по-видимому, трансформируются в правые сдвиги, установленные в Шотландии, где они наследуют более древние палеозойские, и предполагаемые нами далее к северо-востоку около Норвегии и о. Шпицберген.

## 2.6. Внутренние части континента

На западе Евразии за пределами рассматриваемой территории выделяется протяженная Центрально-Европейская рифтовая система, которая включает грабен Осло на севере (31 на рис. 3), Нижнерейнский (30) и Верхнерейнский (29) грабены и ряд сходных структур растяжения на юге Франции. Основное раскрытие грабена Осло происходило в конце палеозоя – начале мезозоя и сопровождалось магматической деятельностью [20], однако на современном этапе здесь возобновились подвижки по разломам на фоне слабой сейсмичности. Рейнские структуры активно развиваются, начиная с неогена, и сопровождаются проявлением позднекайнозойского магматизма и интенсивной сейсмической активности.

Существует точка зрения, что процессы современного рифтогенеза в Западной Европе “наведены” в основном движениями в коллизионном Альпийско-Гималайском поясе, в частности, действием индентора Апулийской плиты, породившего складчатость Альп [11]. В последнее время в связи с широким развитием исследований по сейсмической томографии, позволяющей получать отражения от различных поверхностей в литосфере и мантии, удалось установить распространение под этими рифтами очагов разогретого и разуплотненного мантийного вещества, поднимающегося к поверхности и вызывающего воздымание и растяжение верхних слоев земной коры [21]. Изучение магматических пород рифтов также подтверждает их кристаллизацию из расплавов мантийного происхождения.

Таким образом, на примере Западной Европы мы можем констатировать, что источники современной геодинамической активности и повышенной сейсмичности в земной коре располагаются не только в пределах литосферы, где происходит перемещение плит и блоков различных размеров при процессах спрединга, субдукции, коллизии, но также в более глубоких горизонтах мантии. Термально-плотностная и, по-видимому, одновременно химическая мантийная конвекция приводит к возникновению крупных неоднородностей в подлитосферной мантии с образованием нисходящих холодных и восходящих горячих мантийных потоков (плюмов) [22, 23]. Последние, взаимодействуя с подошвой литосферы, резко повышают энергетику геодинамических процессов в ее верхних горизонтах и вызывают развитие таких специфических структур, как внутриплитные рифты на континентах, сопровождающиеся активной магматической деятельностью.

Обращают на себя внимание также другие участки проявления сейсмичности, как правило, слабой, во внутренних частях континента за пределами рассмотренных активных зон и поясов. Они условно показаны на рис. 3 в виде изолированных ареалов и могут быть разделены, по нашему мнению, на три различные группы. Часть из них – на северо-западе Восточно-Европейской платформы (например, в Центральной Швеции и на Кольском полуострове) – скорее всего связана с изостатическим поднятием Балтийского щита (33 на рис. 3) после окончания последнего оледенения. Другие – на севере Европейской России и в отдельных районах Сибирской платформы – могут отражать унаследованную активность рифейских и палеозой-

ских рифтов и авлакогенов в фундаменте древних платформ. К этой же группе мы предположительно относим зоны распространения внутриплитной сейсмичности на Урале (35 на рис. 3), в Оренбуржье, в Приаралье, на севере Узбекистана, которые могут быть сопряжены с подвижками отдельных блоков консолидированной коры вдоль разрывных нарушений, наследующих более древние неоднородности в структурном плане континента. В других случаях подобные перемещения могут быть компенсационной реакцией на движение главных современных блоков-инденторов – Индии и Аравии [11]. Вместе с тем, нельзя исключить, что ряд таких проявлений внутриплитной сейсмичности связан с техногенными и испытательными взрывами, как это несомненно для Новой Земли, севера Западной Сибири и Центрального Казахстана.

Некоторые из изолированных ареалов, например, на Витимском плоскогорье в Северном Байкалье (36 на рис. 3) и на других участках, могут иметь глубинное происхождение. К ним приурочены поля развития четвертичных щелочных базальтов мантийного генезиса [24], что позволяет предполагать связь этих сейсмических аномалий с подъемом горячего глубинного вещества, как отмечалось выше для Западной Европы.

## Заключение

Завершая настоящий обзор характера проявления и причин современной геодинамической и сейсмической активности территории России и прилегающих районов, подчеркнем многофакторность этих геологических процессов. Как мы видели, они являются следствием спрединга и растяжения в соседних срединно-океанических хребтах на севере и на западе, схождения и субдукции литосферных плит на востоке, континентального столкновения на юге и юго-западе, поднятия глубинного материала (мантийного апвеллинга) во внутренних частях континента.

Проведенное исследование подтверждает также, что на современном этапе большая часть территории России и стран СНГ принадлежит к обширной литосферной плите, границами которой служат (см. рис. 3): хребет Гаккеля и зона разломов в горной системе Черского, зоны разломов Южного Верхоянья, Станового хребта, Байкальской рифтовой системы, Алтае-Саянской области и Тянь-Шаня, Памирский синтаксис, зоны разломов Копет-Дага, Кавказа, Западного Причерноморья и Карпат. Далее зарождающейся границей этой плиты, по-видимому, являются Центрально-Европейская рифтовая система и зона повышенной сейсмичности на востоке Северного моря, соединяющаяся со Срединно-Атлантическим хребтом. Эту литосферную плиту, которую мы предлагаем назвать Северо-Евразийской, следует отличать от Евразийской, фактически не существующей в настоящее время как единое целое и имеющей, скорее, палеотектонический смысл. Именно Северо-Евразийская плита представляет собой на современном этапе самостоятельное в сейсмогеодинамическом отношении образование, окруженное вдоль большей части своих границ серией микроплит и блоков.

Авторы признательны А.В. Ландеру за полезные советы и конструктивные замечания по содержанию статьи.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект N 00-15-98535).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Kropotkin P.N.* Eurasia as a composite continent // *Tectonophysics*. 1971. Vol.12, N 12. P.261–266.
2. *Янишин А.Л., Хаин В.Е., Гатинский Ю.Г.* Основные проблемы тектоники Азии // *Тектоника Азии*. 27-ой Междунар. геол. конгр. 4–14 августа 1984 г. Москва. М.: Наука, 1984. С.3–10. (Секция К.05. Доклады; Т.5.).
3. *Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М.* Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. 659 с.
4. *Клещев К.А., Шейн В.С., Астафьев Д.А., Кузнецов А.Г.* Плитотектоническое районирование нефтегазоносных областей России и сопредельных стран // *Общие вопросы тектоники. Тектоника России*. М.: ГЕОС, 2000. С.213–217. (Материалы XXXIII тектонич. совещ.).

5. Global Hypocenters Data Base, 2000. CD-Rom NEIC/USGS, Denver. CO, USA, 1989 and its updates through January 2000.
6. *Savostin L.A., Karasik A.M.* Recent plate tectonics of the Arctic Basin and the northeastern Asia // *Tectonophysics*. 1981. Vol.74. P.111–145.
7. *Fujita K., Cambrey F.M., Velbel M.A.* Tectonics of the Laptev sea and Moma rift systems, Northeastern USSR // *Marine Geology*. 1990. Vol.98. P.95–118.
8. *Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Фуджита К.* Активные разломы и современная геодинамика сейсмических поясов Якутии // *Геотектоника*. 1994. N 2. С.59–71.
9. *Богданов Н.А.* Тектоника Охотоморского региона // *Общие вопросы тектоники. Тектоника России*. М.: ГЕОС, 2000. С.61–63. (Материалы XXXIII тектонич. совещ.).
10. *Гатинский Ю.Г., Владова Г.Л., Рожкова В.В.* Сейсмичность и металлогения конвергентных границ плит в зонах субдукции // *ДАН*. 2000. Т.371, N 6. С.3–7.
11. *Копп М.Л.* Структуры латерального выжимания в Альпийско-Гималайском коллизионном поясе. М.: Научный мир, 1997. 314 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 506).
12. *Scotese C.R., Golonka J.* Paleogeographic atlas (PALEOMAP Project). Dept. of Geology, Univ. Texas at Arlington. 1992. 29 p.
13. *Печерский Д.М., Диденко А.Н.* Палеоазиатский океан (петромагнитная и палеомагнитная информация о его литосфере). М.: ОИФЗ РАН, 1995. 297 с.
14. *Гатинский Ю.Г.* Латеральный структурно-формационный анализ. М.: Недра, 1986. 196 с.
15. *Рундквист Д.В., Соболев П.О., Ряховский В.М.* Отражение активности различных типов разломов Байкальской рифтовой зоны в сейсмичности // *ДАН*. 1999. Т.366, N 5. С.823–825.
16. Новейшая тектоника Северной Евразии. Объяснительная записка к карте новейшей тектоники Северной Евразии масштаба 1:5000000. / Под ред. А.Ф. Грачева. М.: ГЕОС, 1998. 147 с.
17. *Казьмин В.Г., Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А., Вержбицкая А.И.* Кинематика Африкано-Аравийской рифтовой системы // *Геотектоника*. 1987. N 5. С.73–83.
18. *Трифонов В.Г.* Неотектоника Евразии. М.: Научный мир, 1999. 252 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 514).
19. *Хаин В.Е., Яблонская Н.А.* Тектоника Азии: 75 лет после Эмиля Аргана // *Тектоника Азии: Программа и тезисы совещания*. М.: ГЕОС, 1997. С.234–237. (Материалы XXXIII тектонич. совещ.).
20. *Ziegler P.A.* Faulting and graben formation in Western and Central Europe // *Phil. Trans. Soc. London*. 1982. N A305. P.113–143.
21. *Granet M., Wilson M., Achauer U.* Imaging a mantle plume beneath the French Massif Central // *Earth Planet. Sci. Lett*. 1995. N 136. P.281–296.
22. *Fukao Y., Maruyama S., Obayashi M., Inoue H.* Geologic implication of the whole mantle P-wave tomography // *J. Geol. Soc. Japan*. 1994. Vol.100, N 1. P.4–23.
23. *Рундквист Д.В., Гатинский Ю.Г., Мирлин Е.Г., Ряховский В.М.* Геодинамика XXI века и полезные ископаемые // *Наука в России*. 1998. N 6. С.4–12.
24. *Рассказов С.В., Логачев Н.А., Иванов А.В.* Корреляция позднекайнозойских тектонических и магматических событий в Байкальской рифтовой системе с событиями на юго-востоке Евразийской плиты // *Геотектоника*. 1998. N 4. С.25–40.