

КИНЕМАТИКА СОВРЕМЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

В.С. Жижерин, М.А. Серов

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 675000, Благовещенск, Релочный пер., 1, Россия

Представлены первые данные о современных движениях в пределах восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса, полученные на основе GPS измерений. В результате обработки GPS данных получено векторное поле скоростей смещений пунктов геодинамического полигона Верхнего Приамурья. На основании комплексного анализа геолого-геофизических данных и оценок скорости смещения пунктов геодинамического полигона Верхнего Приамурья сделан вывод о кинематической неоднородности Монголо-Охотского складчатого пояса на современном этапе и наличии сложной картины происходящих здесь деформаций. Показано, что характер тектонического режима в пределах Монголо-Охотского складчатого пояса позволяет соотнести его с буферной или транзитной зоной, в пределах которой реализуются тектонические напряжения, возникающие в силу различия кинематики окружающих его тектонических единиц.

Современная геодинамика, GPS-геодезия, деформации земной коры, Монголо-Охотский складчатый пояс.

KINEMATICS OF RECENT TECTONIC MOTIONS IN THE EAST OF THE MONGOL–OKHOTSK FOLD BELT

V.S. Zhizherin and M.A. Serov

We present the first data of GPS measurements on recent motions in the east of the Mongol–Okhotsk Fold Belt. Processing of GPS data yielded a vector field of the velocities of observation point displacements in the geodynamic network of the Upper Amur region. Comprehensive analysis of geological and geophysical data and the estimated velocities of site displacements in this network have shown kinematic heterogeneity of the present-day Mongol–Okhotsk Fold Belt and an intricate deformation pattern there. The tectonic regime within the belt permits considering it a buffer or transit zone, where tectonic stresses arise as a result of the different kinematics of the surrounding tectonic structures.

Modern geodynamics, GPS geodesy, crustal deformations, Mongol–Okhotsk Fold Belt

ВВЕДЕНИЕ

Изучение современных движений крупных тектонических структур Восточной Азии методами GPS-измерений было и остается одним из приоритетных направлений геологического изучения этого региона [Зоненшайн и др., 1990; Герасименко, 2000; Генике, Побединский, 2004; Имаев и др., 2005; Антонович, 2005; Войтенко и др., 2007; Мирошниченко и др., 2008; Гатинский и др., 2008; Wang et al., 2009; Ашурков и др., 2011; Лухнев и др., 2013; Тимофеев и др., 2014].

На сегодняшний день установлены общие закономерности движений главных тектонических блоков, тогда как вопросы кинематики отдельных участков земной коры, особенно находящихся на стыке крупных структур, остаются весьма дискутируемыми.

Одной из малоизученных в геодинамическом отношении остается область взаимодействия Евразийской и Амурской плит, которая представляет собой широкую полосу (до 400 км) активизации эндогенных процессов [Мальшев и др., 2007; Шевченко, Каплун, 2007; Гатинский и др., 2008]. По существующим представлениям северным ограничением этой полосы, протягивающейся от оз. Байкал на западе до Удской губы Охотского моря на востоке, выступает Олекмо-Становая сейсмическая зона, южным — Тукурингра-Джагдинская. Установленная скорость смещения Амурской плиты относительно Евразийской имеет очень малую величину — 1—3 мм/год [Тимофеев и др., 2011], однако, несмотря на то, что их кинематические характеристики практически идентичны, зона их сочленения ярко выражена в градиентах поля деформаций [Kreemer et al., 2003], плотности разрывных нарушений [Государственная..., 2009] и сейсмичности.

Главной геологической структурой, которую можно назвать «шовная» (т. е. маркирующая место столкновения континентальных блоков в зоне взаимодействия Евразийской и Амурской плит), является Монголо-Охотский складчатый пояс.

Инструментальных данных о современных движениях земной коры в пределах этого пояса на данный момент получено не было. Экстраполирование GPS-скоростей, полученных для других участков в пределах Амурской плиты [Мирошниченко и др., 2008; Тимофеев и др., 2011; Ашурков и др., 2011], не может полноценно охарактеризовать деформационную картину изучаемой области на детальном уровне. В работе представлены первые данные о современных движениях земной коры в пределах восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса, полученные на основе применения GPS технологий на геодинамическом полигоне в Верхнем Приамурье.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Рассматриваемый в работе участок Монголо-Охотского складчатого пояса расположен между двух наиболее активных разломов Верхнего Приамурья — Северо- и Южно-Тукурингским. Их кинематический тип — левые сдвиги и взбросы [Николаев и др., 1979]. По этим разломам выделяемый участок соответственно отделен от южного обрамления Северо-Азиатского кратона и Аргунского массива. Ширина пояса незначительно варьирует вдоль его простирания: на западном фланге ее значения составляют 5—10 км и увеличиваются на восточном до 20 км.

Монголо-Охотский складчатый пояс является одним из наиболее крупных структурных элементов Восточной Азии. В настоящее время его принято рассматривать в качестве реликта одноименного палеоокеана [Парфенов и др., 1999, 2003]. В современном структурном плане пояс представляет собой субширотную шовную зону, в строении которой принимают участие преимущественно вулканогенно-терригенные и терригенные комплексы, слагающие террейны аккреционного клина [Парфенов и др., 1999, 2003; Сорокин, 2001]. Возраст этих образований является предметом дискуссий (см. обзор в [Парфенов и др., 1999]), а на геологических картах нового поколения [Государственная..., 2009] они отнесены к среднему и верхнему палеозою. Присутствие в строении пояса базальтоидов различного геохимического типа [Сорокин и др., 2014], фрагментов офиолитов [Сорокин, Дриль, 2002], габбро-гранитоидных комплексов разного возраста (от ордовика до поздней перми) [Сорокин и др., 2003, 2007] свидетельствует о длительной и сложной истории его формирования. Это подтверждается результатами палеомагнитных исследований [Кравчинский, Сорокин, 2001; Kravchinsky et al., 2002; Метелкин и др., 2007], свидетельствующими о наличии в палеозойское время пространства между южной окраиной Сибири и континентальными массивами южного обрамления Монголо-Охотского пояса.

Возраст закрытия Монголо-Охотского океана и, соответственно, окончательного формирования одноименного складчатого пояса является предметом дискуссий. Анализ характера мезозойских осадочных бассейнов, хронологии магматизма в обрамлении пояса может свидетельствовать о том, что закрытие восточной ветви указанного океана произошло не позднее поздней юры [Парфенов и др., 1999, 2003; Сорокин и др., 2004; Сорокин, Кудряшов, 2013; Смирнова и др., 2014]. Если же связывать поздне-мезозойские метаморфические события в обрамлении пояса с продолжением формирования складчатой структуры пояса, то возраст коллизионных процессов следует распространить вплоть до неокома (включительно) [Ларин и др., 2006, 2014; Сальникова и др., 2006; Котов и др., 2013, 2014].

Неотектонический этап развития территории Верхнего Приамурья обусловлен продолжающимся сближением под острым углом Евразийской и Амурской плит. Современный этап тектонической активизации, начавшийся в неогене после длительного периода пенепленизации в позднем мелу—палеогене [Имаева и др., 2012], привел к формированию систем горных поднятий и межгорных прогибов различного простирания. Развитие этих систем, рассекаемых многочисленными разломами, сейсмотектоническая активность которых продолжается и в настоящее время, определяет современный облик исследуемого региона.

Межплитные и межблоковые движения привели к созданию сложных разломно-блоковых структур современного облика, чье развитие происходит на основе тектонических структур более раннего времени заложения. Крупные активные системы разломов (Южно- и Северо-Тукурингский, Джелтулакский, Становой) способствовали дальнейшему развитию межгорных и предгорных прогибов. В зоне их влияния по геофизическим данным [Малышев и др., 2007; Шевченко, Каплун, 2007] были выявлены свидетельства наличия современных горизонтальных перемещений литосферных блоков, а также пространственное совмещение зон сжатия и растяжения.

Согласно результатам проведенных в пределах Тукурингро-Джагдинской зоны геоморфологических исследований [Николаев и др., 1979], Южно-Тукурингский разлом, по которому Монголо-Охотский складчатый пояс граничит с Аргунским массивом, смещает к западу (по типу левого сдвига) плей-

стоцен-голоценовые отложения в верховьях северных притоков р. Уркан. Для установленной максимальной амплитуды таких смещений в 0.8 км вычисленная их средняя скорость составляет 5—6 мм/год.

Результаты геофизических исследований свидетельствуют, что вычисленная средняя мощность земной коры в пределах Монголо-Охотского пояса имеет типичные для континентов значения 40—42 км [Глубинное..., 2010]. Глубина залегания подошвы литосферы постепенно увеличивается с востока на запад, где соответствующие значения составляют 85 и 100 км [Мальшев и др., 2007]. Земная кора Монголо-Охотского пояса относительно Аргунского массива характеризуется вычисленной повышенной плотностью слагающих ее пород — 2.842 г/см³, на северном обрамлении ее значения повышаются до 2.862 г/см³. Плотность литосферной мантии выдержана по простиранию и составляет 3.289 г/см³, близкие к этому значения получены и для других контактирующих с Монголо-Охотским складчатым поясом тектонических единиц [Глубинное..., 2010].

В геоэлектрических полях [Каплун, 2006] Монголо-Охотский пояс выделяется наличием множества электропроводящих слоев. Под «верхнекоровым» слоем мощностью 20 км и сопротивлением 1250 Ом·м залегает «нижнекоровый» слой мощностью 15—20 км и сопротивлением 570 Ом·м, который, в свою очередь, подстилается слоем крайне низких сопротивлений малой мощности — 5—10 км, 25—35 Ом·м. Для литосферной мантии с вычисленной мощностью 50—70 км и сопротивлением 1600—1800 Ом·м характерно наличие резких изгибов подошвы литосферы. Таким образом, приведенные параметры геоэлектрического разреза свидетельствует о тектонической расслоенности литосферы и позволяют предположить разноуровневый характер перемещения блоков. Косвенным подтверждением этому может выступать отсутствие зарегистрированных землетрясений с глубиной гипоцентра более 40 км.

Монголо-Охотский пояс отчетливо выделяется на схеме гравитационного поля [Государственная..., 2009], где ему соответствует пояс значительных положительных аномалий, достигающих значений 65 мГал. Центральной части пояса на схеме аномалий магнитного поля [Государственная..., 2009] соответствует общая незначительная отрицательная аномалия. В северном и южном обрамлении пояса отмечены субширотные пояса умеренных положительных аномалий. Тепловой режим в пределах пояса нестационарный [Горнов и др., 2009]. Значения теплового потока достигают максимума 82 мВт/м² в его центральной части, незначительно уменьшаясь в меридиональных направлениях. Пояс характеризуется повышенной сейсмичностью, наибольшая плотность выделения сейсмической энергии фиксируется на его восточном и западном обрамлениях.

Приведенные данные о строении Монголо-Охотского пояса, а именно гетерогенное геологическое строение, наличие расслоенной литосферы, высокий тепловой поток и сейсмичность, дают основание говорить о наличии зон, в которых с большей вероятностью реализуются напряжения, обусловленные взаимодействием сопряженных тектонических единиц. Этим зонам, или, другими словами, участкам с пониженной механической прочностью, в плане должны соответствовать области максимальных амплитуд горизонтальных и вертикальных перемещений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование современной кинематики в пределах Монголо-Охотского пояса выполнено на основе вычисления величины смещений пунктов (точек наблюдения) Верхнеамурского геодинамического полигона, заложенного в 2007 г. совместно с сотрудниками ИЗК СО РАН.

В пределах Монголо-Охотского пояса к настоящему времени организовано 4 точки наблюдения (ТАНТ, SOLO, SOSN, PIKA), которые представляют собой закрепленные в коренных породах или бетонных основаниях специальные реперы (стержни из легированной стали). Участки, на которых устанавливались реперы, выбраны таким образом, чтобы исключить влияние склоновых, криогенных и оползневых процессов, на достаточном удалении от каких-либо объектов деятельности человека.

Измерения на реперных пунктах, как правило, выполнялись 1 раз в год (в период с 2007 по 2013 г.) с использованием спутниковых приемников Ashtech UZ-12, оснащенных антеннами типа choke ring. Запись информации приемниками осуществлялась с 30-секундным интервалом при продолжительности сессии не менее 36 ч, что является общепринятым мировым стандартом для проведения полевых работ [Антонович, 2005; Войтенко и др., 2007; Herring et al., 2010]. Для минимизации влияния сезонных отклонений на точность позиционирования, все полевые кампании проводились в течение августа—сентября.

Полученные данные GPS наблюдений обрабатывали с использованием программного пакета GAMIT/GLOBK [Herring et al., 2010]. В процессе обработки для получения окончательного координатного решения были использованы навигационные файлы, точные орбиты спутников и RINEX файлы станций международной сети IGS, загружаемые программным пакетом с сервера NASA [cddis.nasa.gov]. Для определения системы отсчета использовались данные о положении и скоростях не менее 25 IGS станций, входящих в систему отсчета ITRF2008.

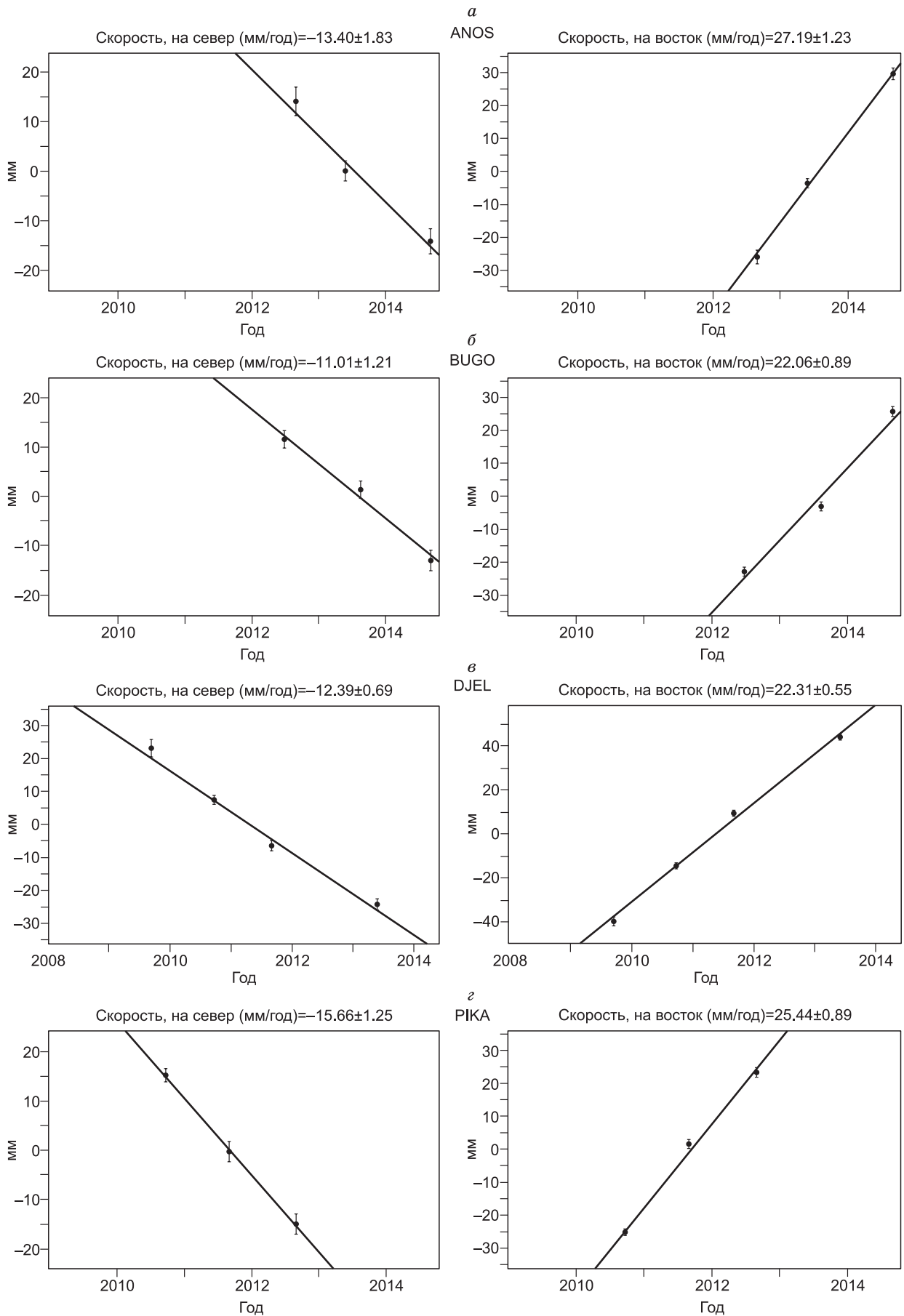
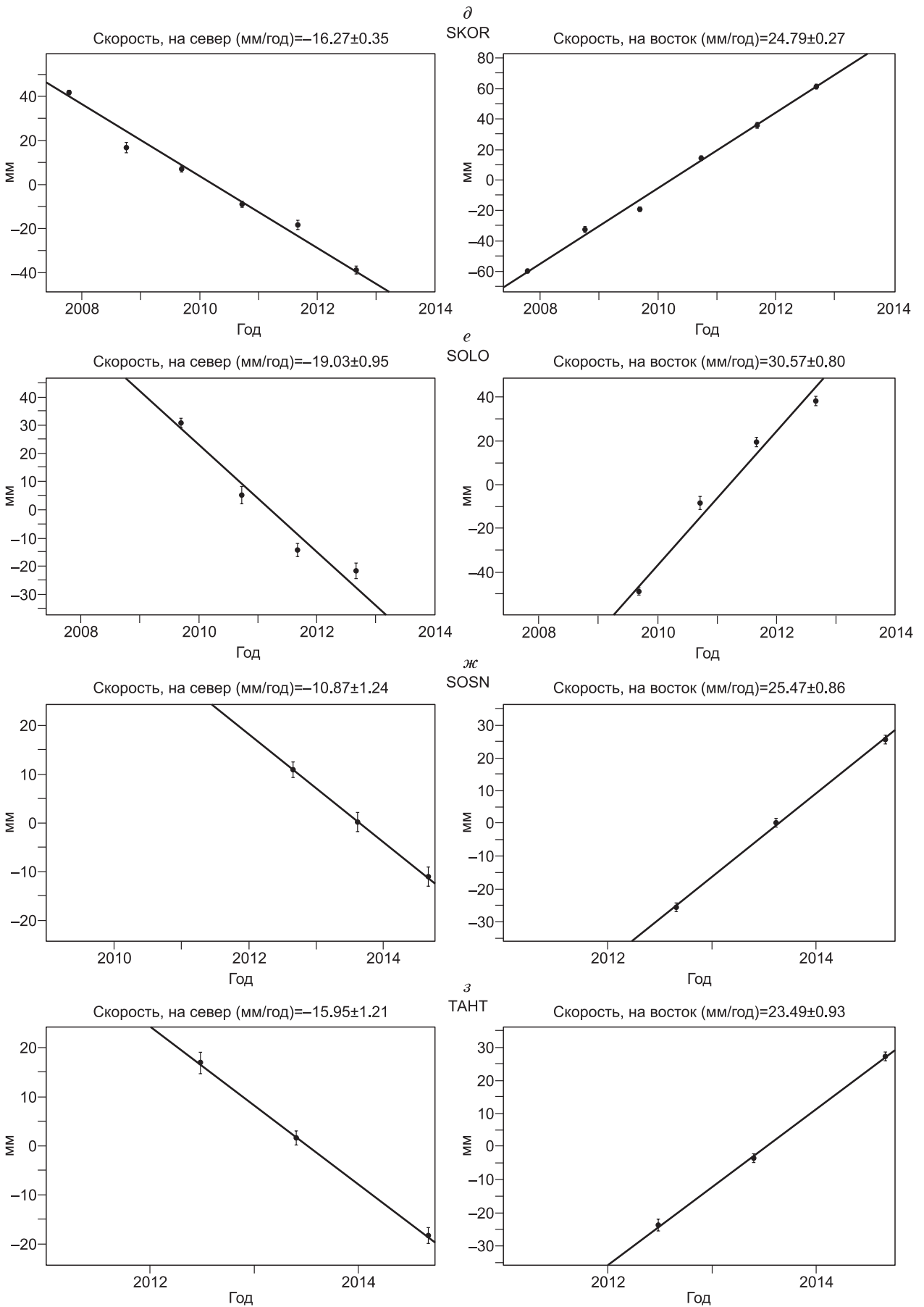


Рис. 1. (Начало)



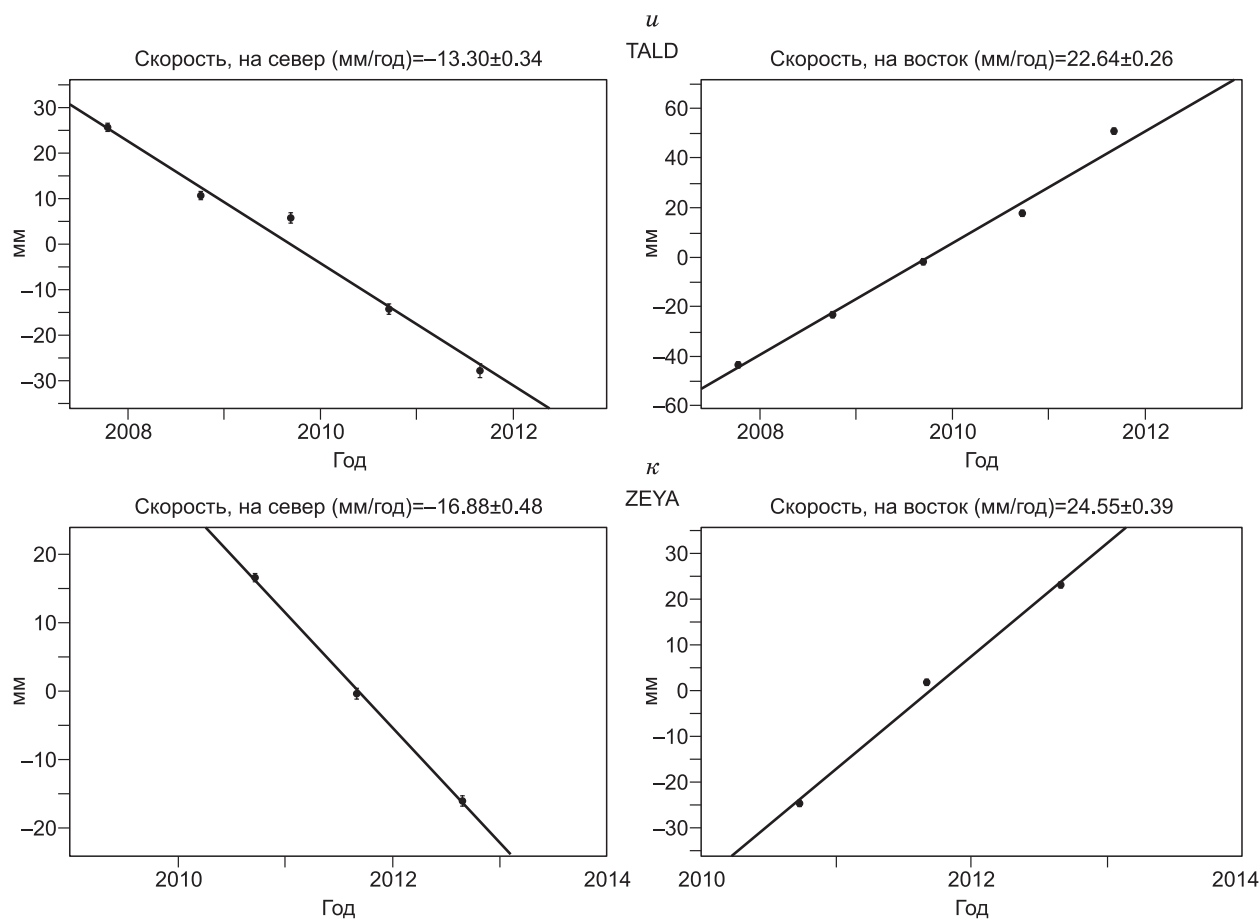


Рис. 1. Временные ряды пунктов, находящихся в исследуемой части Монголо-Охотского складчатого пояса, и пунктов, расположенных вблизи от них (a—к).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫВОДЫ

В результате обработки данных GPS-измерений были получены временные ряды для каждого пункта наблюдений. Ниже приведены временные ряды пунктов, находящихся в исследуемой части Монголо-Охотского складчатого пояса, и пунктов, расположенных вблизи от них (см. рис. 1).

Также было вычислено векторное поле скоростей смещений пунктов геодинамического полигона Верхнего Приамурья (таблица). Комплексный анализ полученных скоростей их смещений, геоморфологических и геофизических данных позволяет говорить о преобладании на западном фланге выделяемой в исследовании части Монголо-Охотского складчатого пояса (рис. 2) деформаций, связанных с процессами растяжения земной коры, в то время как ее центру и восточному флангу более характерны обстановки тектонического сжатия с установленной скоростью первые мм/год. На наличие подобной смены тектонических режимов с запада на восток в пределах области перехода северо-восточного фланга Байкальской рифтовой системы к Становой зоне, исходя из анализа распределения фокальных механизмов землетрясений, указывал ранее Имаев с соавторами [Имаев и др., 2005; Имаева и др., 2012].

Вычисленные векторы смещений точек наблюдения в пределах Монголо-Охотского складчатого пояса значительно отличаются друг от друга как по направлению, так и по амплитуде, тем самым указывая на сложную картину происходящих здесь деформаций.

Таким образом, характер тектонического режима в пределах Монголо-Охотского складчатого пояса и ряд отмеченных выше особенностей его геофизического строения позволяют соотнести его с участком буферной или транзитной зоны, в пределах которой реализуются тектонические напряжения, возникающие в силу различия кинематики окружающих его тектонических единиц. Подробное описа-

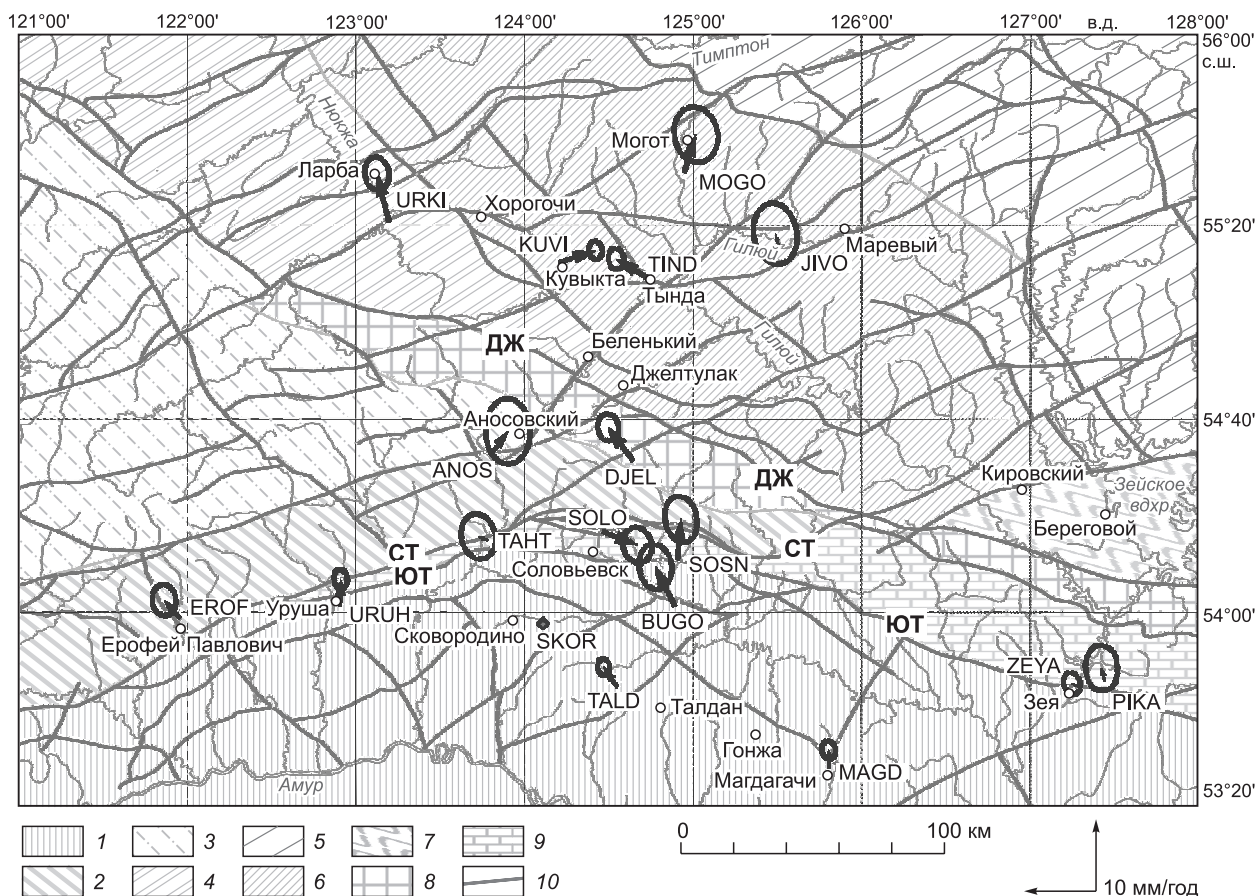


Рис. 2. Схема структурного районирования Верхнего Приамурья [Государственная..., 2009].

Главные тектонические структуры Верхнего Приамурья: 1 — Аргунский континентальный массив; 2, 3 — структуры Селенга-Станового супертеррейна, блоки: 2 — Урканский, 3 — Могочинский; 4–7 — структуры Джугджуро-Станового супертеррейна, блоки: 4 — Ларбинский, 5 — Брятинский, 6 — Иликанский, 7 — Дамбукинский; 8, 9 — шовные зоны: 8 — Джелтулакская шовная зона, 9 — Монголо-Охотский складчатый пояс; 10 — разломы различного ранга, из них наиболее активные: ЮТ — Южно-Турурингрский, СТ — Северо-Турурингрский, ДЖ — Джелтулакский. Векторы скорости смещений (стрелки) пунктов относительно пункта SKOR показаны с эллипсами 95 %-го доверительного интервала.

ние структуры транзитных зон и их роли в геодинамике континентальной литосферы приводится в работе [Гатинский и др., 2008].

В работах, посвященных результатам измерений современных движений, особое внимание уделяется оценкам влияния сильных землетрясений на поле скоростей движений. Случившееся 14 октября 2011 г. Сковородинское землетрясение [Ханчук и др., 2012] является одним из наиболее значимых для территории Верхнего Приамурья за весь период инструментальных сейсмологических наблюдений. Стоит отметить аномальность этого события, так как, во-первых, по данным макросейсмического поля, величина балла в эпицентре и дальность регистрации ощутимых колебаний не согласуются друг с другом, а, во-вторых, эпицентр землетрясения смещен относительно закартированных выходов на поверхность сегментов Южно-Турурингрского разлома [Ханчук и др., 2012].

Приведенный выше временной ряд пункта SOLO (см. рис. 1, e), находящегося северо-восточнее эпицентра на расстоянии около 50 км, частично подтверждает полученное авторами [Ханчук и др., 2012] решение механизма очага землетрясения — субширотный левосторонний сдвиг, показывая также наличие соизмеримой меридиональной составляющей, в целом отклонение от трендовых значений для пункта SOLO между измерениями августа 2011 г. и августа 2012 г. достигают 20 мм в северном и 20 мм в западном направлениях. Однако временной ряд расположенного юго-восточнее пункта SKOR (расстояние от эпицентра 22 км) (см. рис. 1, d) не отображает каких-либо отклонений от трендовых смещений в измерениях до и после землетрясения, что, в свою очередь, позволяет говорить о высокой степени

Горизонтальные скорости смещений GPS пунктов геодинимического полигона Верхнего Приамурья в ITRF2008

Координаты пунктов, град.		Компоненты скоростей смещений, мм/год		Ошибки определения компонент скоростей, мм/год		Название пункта	Продолжительность наблюдений (в годах)
с.ш.	в.д.	восток	север	восток	север		
127.43	53.77	25.44	-15.66	0.89	1.25	PIKA	3
127.28	53.75	24.55	-16.88	0.39	0.48	ZEYA	3
125.80	53.46	24.44	-13.54	0.30	0.39	MAGD	5
125.50	55.27	24.40	-14.64	1.20	1.69	JIVO	3
124.94	55.51	26.38	-11.21	1.21	1.53	MOGO	4
124.90	54.19	25.47	-10.87	0.86	1.24	SOSN	3
124.89	54.03	22.06	-11.01	0.89	1.21	BUGO	3
124.75	55.15	20.30	-13.88	0.37	0.48	TIND	5
124.64	54.53	22.31	-12.39	0.55	0.69	DJEL	5
124.55	53.75	22.64	-12.30	0.26	0.34	TALD	5
124.46	54.29	30.57	-19.03	0.80	0.95	SOLO	4
124.20	55.21	29.67	-14.50	0.29	0.38	KUVI	5
124.11	53.97	24.79	-16.27	0.27	0.35	SKOR	6
123.80	54.56	27.19	-13.40	1.23	1.83	ANOS	3
123.78	54.26	23.49	-15.95	0.93	1.21	TAHT	3
123.20	55.35	23.13	-9.98	0.62	0.83	URKI	4
122.91	54.03	24.82	-12.55	0.32	0.42	URUH	5
121.96	53.99	22.24	-13.53	0.65	0.83	EROF	4

Примечание. Ошибки определения скорости приведены в 95 %-ном доверительном интервале.

подвижности Монголо-Охотского складчатого пояса и относительной стабильности северной части Аргунского континентального массива.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 13-05-00190).

ЛИТЕРАТУРА

Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. М, ФГУП «Картгеоцентр», 2005, т. 1, 334 с.

Ашурков С.В., Саньков В.А., Мирошниченко А.И., Лухнев А.В., Сорокин А.П., Серов М.А., Бызов Л.М. Кинематика Амурской плиты по данным GPS-геодезии // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (2), с. 299—311.

Войтенко С.П., Учитель И.Л., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б. Геодинамика. Основы кинематической геодезии. Одесса, Астропринт, 2007, 264 с.

Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Владова Г.Л., Прохорова Т.В. Блоковая структура и геодинамика континентальной литосферы на границах плит // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2008, № 1, вып. 11, с. 32—47.

Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. М., Картгеоцентр, 2004, 355 с.

Герасименко М.Д. Определение движений и деформаций земной коры по геодезическим измерениям. Владивосток, Изд-во Дальневост. ун-та, 2000, 19 с.

Глубинное строение и металлогения Восточной Азии / Под ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Малышев, Б.Г. Саксин. Владивосток, Дальнаука, 2010, 332 с.

Горнов П.Ю., Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Подгорный В.Я. Геотермические разрезы земной коры области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов и смежных платформ // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (5), с. 630—647.

Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1 : 1 000 000. Издание третье. Дальневосточная серия. Листы: N-51 (Сковородино), N-52 (Зея). СПб., Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М., Недра, 1990, кн. 1, 326 с.; кн. 2, 334 с.

- Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.** Сейсмоструктура Олекмо-Становой сейсмической зоны (Южная Якутия) // Литосфера, 2005, № 2, с. 21—40.
- Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М.** Сейсмогеодинамика Алдано-Станового блока // Тихоокеанская геология, 2012, т. 31, № 1, с. 5—17.
- Каплун В.Б.** Геоэлектрическое строение Верхнеамурского района по данным магнитотеллурических зондирований // Тихоокеанская геология, 2006, т. 25, № 4, с. 33—53.
- Котов А.Б., Мазукабзов А.М., Сквитина Т.М., Сорокин А.П., Великославинский С.Д., Сорокин А.А.** Структурная эволюция Гонжинского блока Аргун-Идерегского супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН, 2013, т. 448, № 5, с. 563—566.
- Котов А.Б., Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Великославинский С.Д., Глебовицкий В.А., Сорокин А.А., Яковлева С.З., Анисимова И.В.** Раннемеловые коллизионные гранитоиды древнестанового комплекса Селенгино-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского подвижного пояса // ДАН, 2014, т. 456, № 4, с. 451—456.
- Кравчинский В.А., Сорокин А.А.** Палеомагнетизм палеозойских отложений Ольдойского прогиба // ДАН, 2001, т. 376, № 6, с. 789—793.
- Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Глебовицкий В.А., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Яковлева С.З., Федосенко А.М., Анисимова И.В.** Раннемеловой возраст регионального метаморфизма становой серии Джугджуро-Становой складчатой области: геодинамические следствия // ДАН, 2006, т. 409, № 2, с. 222—226.
- Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Яковлева С.З., Анисимова И.В.** Гранитоиды тукурингского комплекса Селенгино-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского подвижного пояса: возраст и геодинамическая обстановка формирования // ДАН, 2014, т. 457, № 6, с. 692—697.
- Лухнев А.В., Саньков В.А., Мирошниченко А.И., Ашурков С.А., Бызов Л.М., Саньков А.В., Башкуев Ю.Б., Дембелов М.Г., Кале Э.** Современные деформации земной коры в области сочленения сегментов рифтов центральной части Байкальской рифтовой системы по данным GPS геодезии // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (11), с. 1814—1825.
- Малышев Ю.Ф., Подгорный В.Я., Шевченко Б.Ф., Романовский Б.Ф., Каплун В.Б., Горнов П.Ю.** Глубинное строение структур ограничения Амурской литосферной плиты // Тихоокеанская геология, 2007, т. 26, № 2, с. 3—17.
- Метелкин Д.В., Гордиенко И.В., Климук В.С.** Палеомагнетизм верхнеюрских базальтов Забайкалья: новые данные о времени закрытия Монголо-Охотского океана и мезозойской внутриплитной тектоники Центральной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (10), с. 1061—1073.
- Мирошниченко А.И., Сорокин А.П., Саньков А.П., Лухнев А.В., Ашурков С.В., Сорокина А.Т., Панфилов Н.И., Серов М.А., Шерман С.И.** Космическая геодезия в задачах геодинамики: Современные движения в Зейско-Буреинском бассейне // Тихоокеанская геология, 2008, т. 27, № 1, с. 71—79.
- Николаев В.В., Семенов Р.М., Солоненко В.П.** Сейсмогеология Монголо-Охотского линеамента (восточный фланг). Новосибирск, Наука, 1979, 113 с.
- Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О.** Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология, 1999, № 5, с. 24—43.
- Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртоого О., Янь Х.** Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология, 2003, т. 22, № 6, с. 7—41.
- Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Котов А.Б., Сорокин А.П., Сорокин А.А., Великославинский С.Д., Яковлева С.З., Федосенко А.М., Плоткина Ю.В.** Токско-Алгоминский магматический комплекс Джугджуро-Становой складчатой области: возраст и геодинамическая обстановка формирования // ДАН, 2006, т. 409, № 5, с. 652—657.
- Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И.** Особенности химического состава и тектонические условия накопления юрских терригенных отложений Верхнеамурского и Зей-Депского прогибов восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН, 2014, т. 454, № 4, с. 447—451.
- Сорокин А.А.** Палеозойские аккреционные комплексы восточного сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса // Тихоокеанская геология, 2001, т. 20, № 6, с. 31—36.
- Сорокин А.А., Дриль С.И.** Янканский офиолитовый комплекс Монголо-Охотского складчатого пояса: петрология и геодинамическая позиция // Тихоокеанская геология, 2002, № 6, с. 46—60.
- Сорокин А.А., Кудряшов Н.М.** Раннемезозойский магматизм Буреинского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса: возраст и геодинамическая позиция // ДАН, 2013, т. 452, № 1, с. 80—86.

Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Сорокин А.П., Рублев А.Г., Левченков О.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П. Геохронология, геохимия и геодинамическая позиция палеозойских гранитоидов восточного сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса // ДАН, 2003, т. 392, № 6, с. 807—812.

Сорокин А.А., Ярмолюк В.В., Котов А.Б., Сорокин А.П., Кудряшов Н.М., Ли Цзиньни. Геохронология триасово-юрских гранитоидов южного обрамления Монголо-Охотского складчатого пояса и проблема раннемезозойского гранитообразования Центральной и Восточной Азии // ДАН, 2004, т. 399, № 2, с. 227—231.

Сорокин А.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Кудряшов Н.М., Ковач В.П. Раннепалеозойские габбро-гранитоидные ассоциации восточного сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса (Приамурье): возраст и тектоническое положение // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2007, т. 15, № 3, с. 3—21.

Сорокин А.А., Колесников А.А., Котов А.Б., Ковач В.П. Области и источники сноса палеозойских метатерригенных пород Янканского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса: результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований // ДАН, 2014, т. 454, № 6, с. 706—709.

Тимофеев В.Ю., Казанский А.Ю., Ардюков Д.Г., Метелкин Д.В., Горнов П.Ю., Шестаков Н.В., Бойко Е.В., Тимофеев А.В., Гильманова Г.З. О параметрах вращения сибирского домена и его восточного обрамления в различные геологические эпохи // Тихоокеанская геология, 2011, т. 30, № 4, с. 21—31.

Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Бойко Е.В., Лунев Б.В. Поля смещений блоков Алтае-Саянского региона и эффективные реологические параметры земной коры // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (3), с. 481—497.

Ханчук А.И., Сафонов Д.А., Радзиминович Я.Б., Коваленко Н.С., Коновалов А.В., Шестаков Н.В., Быков В.Г., Серов М.А., Сорокин А.А. Сильнейшее современное землетрясение в Верхнем Приамурье 14 октября 2011 г.: первые результаты комплексного исследования // ДАН, 2012, т. 445, № 3, с. 1—4.

Шевченко Б.Ф., Каплун В.Б. Модель глубинной геодинамики области сочленения Евразийской и Амурской литосферных плит // Литосфера, 2007, № 4, с. 3—20.

Herring T.A., King R.W., McClusky S.C. Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.4. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology. 2010, 48 p.

Kravchinsky V.A., Sorokin A.A., Courtillot V. Paleomagnetism of Paleozoic and Mesozoic sediments of southern margin of Mongol-Okhotsk ocean, Far East of Russia // J. Geophys. Res. Solid Earth, 2002, v. 107, № B-10, p. 1—22.

Kreemer C., Holt W.E., Haines A.J. An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation // Geophys. J. Int., 2003, v. 154, p. 8—34.

Wang W., Yang S., Wang Q. Crustal block rotations in Chinese mainland revealed by GPS measurements // Earthquake Sci., 2009, v. 22, № 6, p. 639—649.

*Рекомендована к печати 26 апреля 2016 г.
А.Д. Дучковым*

*Поступила в редакцию 3 марта 2015 г.,
после доработки — 8 апреля 2016 г.*