

УДК 550.34.06.013.24

## СОВРЕМЕННЫЕ СМЕЩЕНИЯ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГЛЕНОСНОГО ПРОГИБА ПО ДАННЫМ GPS

© 2019 г. В. С. Имаев<sup>1, 2, \*</sup>, Л. П. Имаева<sup>1, 2, \*\*</sup>, С. В. Ашурков<sup>1, 2, \*\*\*</sup>,  
Н. Н. Гриб<sup>3, \*\*\*\*</sup>, И. И. Колодезников<sup>4, \*\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Институт земной коры СО РАН  
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 128

<sup>2</sup>Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН  
677000 Якутск, проспект Ленина, 39

<sup>3</sup>Технический институт (филиал)  
Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова  
678960 Нерюнгри, ул. Кравченко, 16

<sup>4</sup>Академия Наук Республики Саха (Якутия)  
677007 Якутск, проспект Ленина, 33

\*e-mail: [imaev@crust.irk.ru](mailto:imaev@crust.irk.ru)

\*\*e-mail: [imaeva@crust.irk.ru](mailto:imaeva@crust.irk.ru)

\*\*\*e-mail: [ashurkov@crust.irk.ru](mailto:ashurkov@crust.irk.ru)

\*\*\*\*e-mail: [grib@nfygu.ru](mailto:grib@nfygu.ru)

\*\*\*\*\*e-mail: [anrsa@mail.ru](mailto:anrsa@mail.ru)

Поступила в редакцию 24.10.2017 г.

Для количественной оценки современных горизонтальных скоростей смещения поверхности земной коры в Южной Якутии в последние годы были организованы первые и пока единственные пункты постоянных GPS наблюдений в г. Нерюнгри (NRG) и в г. Чульман (CHL3). Оба пункта наблюдений располагаются в пределах южной окраины Евразийской плиты, вблизи системы активных структур, отделяющих ее от Амурской плиты.

Для оценки относительного смещения был выбран период совместной работы этих двух GPS пунктов, а именно с 29 июня 2015 по 1 декабря 2016 гг. Скорость смещения пункта в г. Нерюнгри, рассчитанная за 5-летний период (с 27.10.2011 г. по 01.10.2016 г.), составила  $21.83 \pm 0.73$  мм/год в направлении восток–запад и  $12.26 \pm 0.25$  мм/год в направлении север–юг в международной отсчетной основе ITRF2014. Полученные значения незначительно отличаются от теоретических значений скорости движения Евразийской литосферной плиты в указанной точке. Разность измеренных скоростей со скоростями согласно известной кинематической модели Евразийской плиты, полученной в данной работе, составляет  $|0.5|$  мм/год для восточной компоненты и  $|1.0|$  мм/год – для северной и соответствует оценке других авторов [Kreemer et al., 2014]. Для повышения точности определения скорости горизонтальных смещений земной коры на станции CHL3 необходимо продолжить синхронные со станцией NRG2 измерения.

**Ключевые слова:** активные разломы, GPS наблюдения, современная динамика, горизонтальные движения.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0203-03062019363-71>

### ВВЕДЕНИЕ

Более чем полувековой цикл геологических, тектонических и сейсмологических исследований на территории горно-складчатого обрамления юга Восточной Сибири выявил динамически единые сейсмогенерирующие структуры, развитые в области взаимодействия Евразийской и Амурской литосферных плит. Структуры прослеживаются в пределах Лено-Амурского между-

речья между  $50^\circ$  и  $60^\circ$  с. ш. от оз. Байкал на расстоянии почти 3 тыс. км в субширотном направлении в виде широкой (до 400 км) полосы сейсмичности, через Забайкалье, Южную Якутию и Приамурье к Охотскому морю (рис. 1). Северной границей этой области является Байкало-Становой сейсмический пояс (БСП), вытянутый от Байкала вдоль южной окраины Сибирской платформы через Становое нагорье

в Забайкалье, Становой хребет и примыкающее к нему с севера Алдано–Учурское плато в Южной Якутии к Охотскому морю. Он объединяет землетрясения Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) на западе и Олекмо–Становой сейсмоструктурной зоны (ОСЗ) на востоке. За почти 60 лет инструментальных наблюдений в БРЗ отмечено более 150 тыс., а в ОСЗ – свыше 40 тыс. сейсмических событий с  $M \geq 2.0$  [Имаев и др., 2000, 2003; Имаева et al., 2017].

Местоположение пункта наблюдений Чульман (CHL) – 56.8403 с.ш. и 124.9150 в.д. 738.4 (ITRF2014/WGS84), а в г. Нерюнгри (NRG) – 56.6615 в.ш. и 124.7238 в.д. 846.05 (ITRF2014/WGS84).

### ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ РАЙОНА GPS ИЗМЕРЕНИЙ

Тектоническая природа формирования структур мезозойских угленосных прогибов протягивающихся вдоль Станового поднятия структур Джугджуро–Становой складчатой области, которая в позднемезозойское время представляла собой значительное сводовое поднятие, связанное с процессами коллизии Джугджуро–Становой орогенной области и структур Алданского щита [Парфенов и др., 1984, 1987].

Горизонтальные напряжения вдвигающихся в направлении северо-восток отдельных блоков Джугджуро–Становика вначале привели к формированию обширного свода, а затем существенному сокращению пространства между смещающимися блоками и формированию системы надвиговых разломов, главным из которых явился Южно-Якутский разлом, по которому кристаллические породы кряжа Зверева (мофологически являющегося частью этого свода, разделенного Становым разломом сдвиговой природы), переместились в северном направлении, перекрыв верхнеюрские угленосные отложения Южно-Якутской предгорной впадины на 15–20 км [Геодинамика ..., 1985].

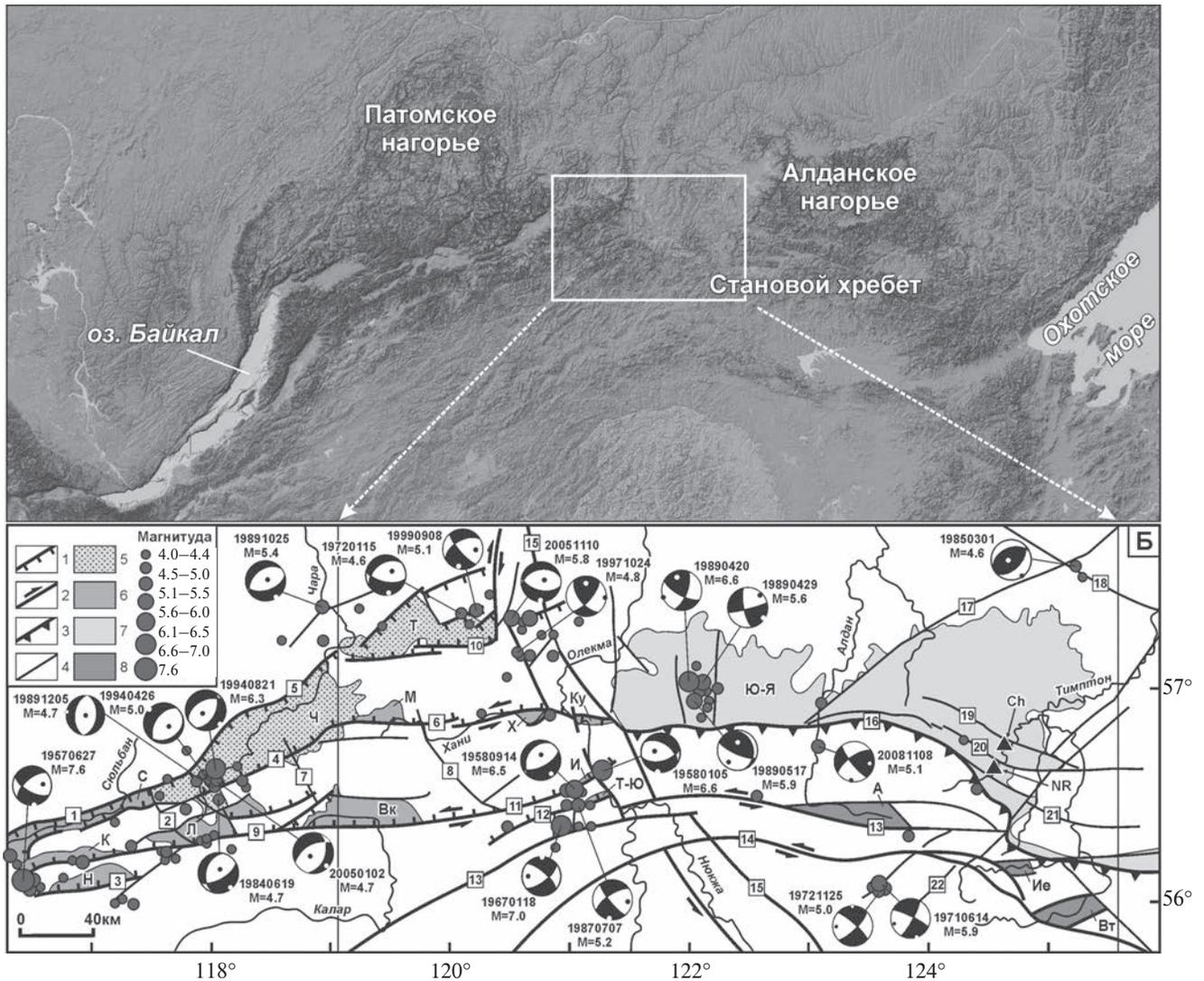
Надвиговая система разломов образована сопряженными зонами нарушений преимущественно взбросо-надвиговой кинематики, осложняющих южную часть Чульманской мезозойской впадины. Доминирующую роль среди них занимает плоскость Южно-Якутского взбросо-надвига, представляющего собой региональную тектоническую границу между докембрийскими образованиями Станового хребта и мезозойскими осадками Южно-Якутской системы впадин. Основная линия надвига сопровождается параллельными или диагональными разрывами второго порядка, затрагивающими как юрские отложения, так и кристаллический фундамент (см. рис. 1).

К югу от Южно-Чульманского надвига, примерно параллельно ему, выделяется несколько крутых взбросо-сдвигов, плоскости которых наклонены к югу (Беркакитский, Северо-, Центральнo- и Южно-Становой, Тимптонский разломы). Зоны этих разломов выражены развальцованными, милонитизированными и диафторированными породами. Наряду с субширотными надвигами и взбросами трассируются также протяженные надвиги другой ориентировки. Так, юго-восточным ограничением Чульманской впадины является дугообразно изогнутый к востоку надвиг, протяженностью около 25 км, полого (под углом 10–15° по данным бурения) наклоненный к юго-западу (см. рис. 1).

Многочисленные деформации установлены также на поверхности первой надпойменной террасы и поймы рек Унгра, Кабакта, Верхняя Нерюнгри внутри Чульманской впадины, связанные с подвижками по Кабактинскому, Нижне-Нерюнгринскому, Беркакитскому разломам. Вскрытые канавами тектонические смещения молодого склонового чехла, наличие в опущенном крыле разрывов коллювиального материала и погребенных им слоев палеопочвы, свидетельствуют в пользу возможного сейсмоструктурного характера подвижек по этим разломам. Амплитуда вертикального смещения при подвижках достигала 0.3–0.5 м. Моноклиальное залегание породслагающих Чульманскую впадину осложняется складчатыми структурами и разрывными нарушениями, количество и амплитуда смещений по которым возрастают к югу. Максимальная дислоцированность мезозойских пород и морфологические проявления подвижек в четвертичных осадках и формах рельефа связаны с Кабактинской, Нижне-Нерюнгринской и Беркакитской зонами разломов.

На участке между городами Нерюнгри и Чульман расположены активные Кабактинский и Нижне-Нерюнгринский разломы (рис. 2). По данным детального геолого-геофизического исследования зон активных разломов Южной Якутии [Овсюченко и др., 2009] предполагается наличие голоценовых право-сдвиговых смещений по зоне Нижне-Нерюнгринского разлома (рис. 3). Также указывается, что ветви Нижне-Нерюнгринского разлома испытывали, как минимум, двукратное обновление, носившее, скорее всего, сейсмический характер. Вертикальная амплитуда первой подвижки могла составлять примерно 25–30 см. Амплитуду более молодого смещения авторы оценить затрудняются, лишь предполагая, что она примерно равна более древней.

Кабактинский разлом (см. рис. 2) квалифицируется авторами [Овсюченко и др., 2009] как сейсмогенерирующая структура взбросо-



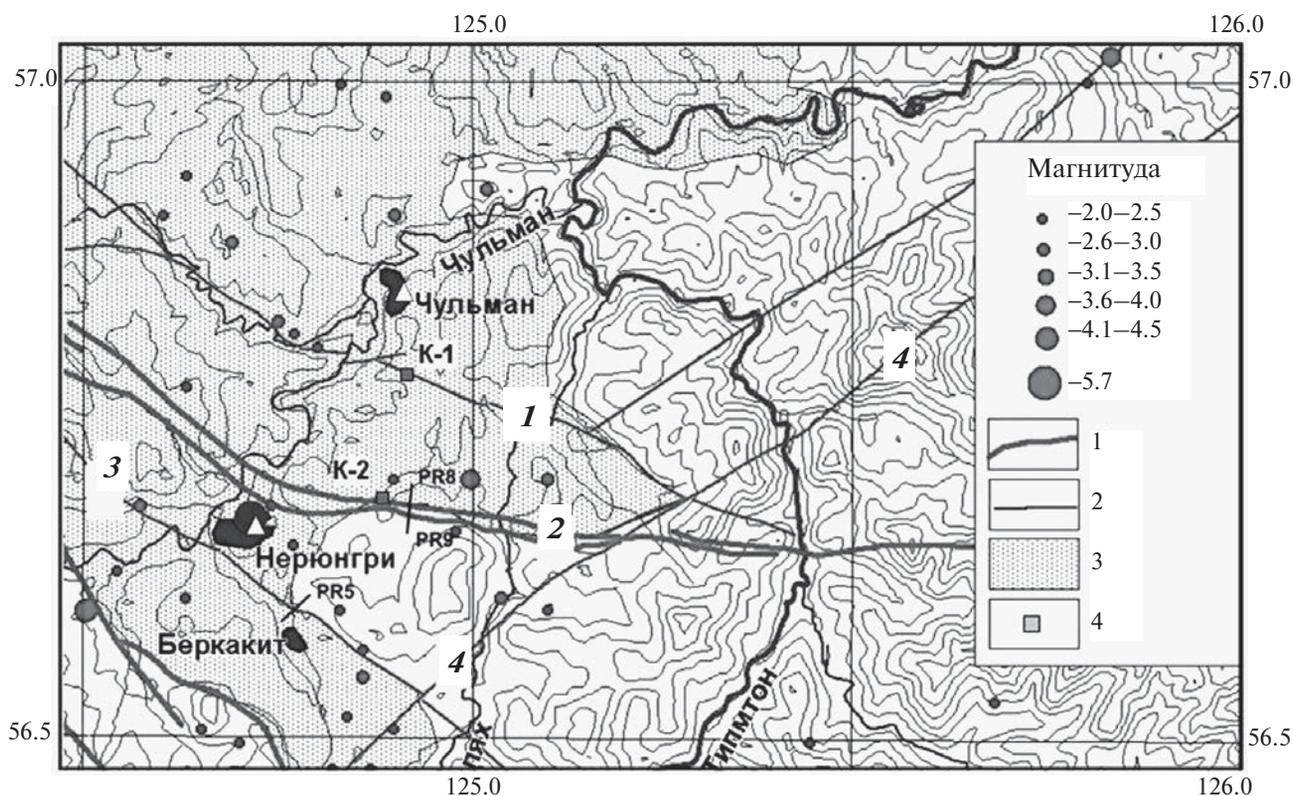
**Рис. 1.** Расположение пунктов GPS наблюдений в Южно-Якутской впадине и сейсотектоническая обстановка Южной Якутии, по [Овсюченко и др., 2009] с дополнениями.

1–4 – активные разломы (цифры в квадрате): 1 – рифтогенные сбросы (1 – Сьюльбанский, 3 – Намаракитский, 4 – Новочарский, 5 – Кодарский, 6 – Ханийский, 9 – Чина-Вакатский, 10 – Токкинский, 11 – Имангринский, 12 – Тас-Юряхский), 2 – шовные разломы (13 – Северо-Становой, 14 – Южно-Становой), 15 – Олекминский (Темулякитский), 3 – взбросы и надвиги (16 – Южно-Якутский (Чульманский), 4 – активные разломы второго порядка (2 – Леприндоканский, 7 – Кеменский, 8 – Олондинский, 17 – Янгинский, 18 – Нимнырский, 19 – Кабактинский, 20 – Нижне-Нерюнгринский, 21 – Беркакитский, 22 – Тимптонский); 5 – рифтовые впадины (Ч – Чарская, Т – Токкинская); 6 – эмбриональные рифтовые впадины (С – Сьюльбанская, К – Каундинская, Н – Намаракитская, Л – Лурбунская, М – Муруинско-Читкандинская, Х – Ханийская, Вк – Верхнекаларская, Ку – Кудулинская, И – Имангра-Чебаркасская, Т-Ю – Тас-Юряхская); 7, 8 – мезокайнозойские прогибы: 7 – Ю-Я – Южно-Якутский мезозойский прогиб, 8 – внутригорные прогибы Станового поднятия (А – Алданский, Ие – Иенгрский, Вт – Верхне-Тимптонский). Стереогаммы фокальных механизмов землетрясений (проекция нижней полусферы) приведены с датой события и его магнитудой М. Белым квадратом показано местоположение исследуемого района на рис. 1а и стрелками на рис. 1б. Треугольниками отмечено местоположение GPS пунктов наблюдений и активные разломы в восточной части Чульманской впадины (см. рис. 2).

надвигового типа, обновленная в голоцене. Помимо вертикальной, наблюдается и правосторонняя сдвиговая составляющая.

Для количественной оценки современных горизонтальных скоростей смещения поверхности земной коры были впервые организо-

ваны пункты постоянных GPS наблюдений в г. Нерюнгри (NRG) и в г. Чульман (CHL). Обработка данных GPS измерений производилась программным пакетом GAMIT/GLOBK ver. 10.6 [Herring et al., 2015]. На первом этапе обработки GPS данных, для каждого дня



**Рис. 2.** Фрагмент карты активных разломов и региональной сейсмичности Южной Якутии, по [Овсюченко и др., 2009]. Кружками обозначены эпицентры землетрясений. Горизонтали рельефа проведены через 100 м. Треугольниками обозначены пункты постоянных GPS наблюдений.

1, 2 – активные разломы (1 – основные, 2 – второстепенные): 1 – Кабактинский, 2 – Нижне-Нерюнгринский, 3 – Беркакитский, 4 – Суннагино-Ларбинский; 3 – мезозойские отложения мезокайнозойских впадин (Ч – Чульманская впадина); 4 – места проведения “тренинга” активных разломов.

измерений, используя дифференциальные фазовые наблюдения, мы рассчитали координаты пунктов, тропосферную задержку с интервалом два часа, параметры движения спутников, а также фазовые неоднозначности. Для решения использовались финальные орбиты спутников, предоставляемые Международной GPS службой (IGS), параметры ориентации вращения Земли (IERS), таблицы зависимостей фазовых центров антенн от азимута и угла прихода спутникового сигнала, рекомендованные IGS для расчетов. В свои ежедневные решения мы включили 31 IGS станцию для связи, в дальнейшем, нашей сети с общеземной опорной системой координат ITRF2014 [Altamimi, 2016]. Далее мы объединили полученные ежедневные решения с решениями Скрипсовского центра (Scripps Orbit and Permanent Array Center, SOPAC) для глобальных станций [<http://sopac.ucsd.edu/>], используя модуль GLRED из программного пакета GLOBK. При этом к полученному ежеднев-

ному решению применяются рассчитанные, для каждого дня в отдельности, параметры трансформации Хельмерта (трансляция, вращение, масштаб) между общеземной опорной системой координат ITRF2014 и нашим однодневным решением. На заключительном этапе мы построили временные ряды для компонент позиций GPS пунктов с помощью утилиты TSVIEW [Herring et al., 2011]. TSVIEW – это специальный инструмент, дающий возможность редактирования временного ряда GPS станции и оценки его качества. Это значительно облегчает удаление некондиционных данных и устраняет их влияние на расчет скорости (см. рис. 3).

#### СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ДАННЫМ GPS ИЗМЕРЕНИЙ

Для оценки относительного смещения был выбран период совместной работы двух GPS пунктов, а именно с 29 июня 2015 г. по 01 де-

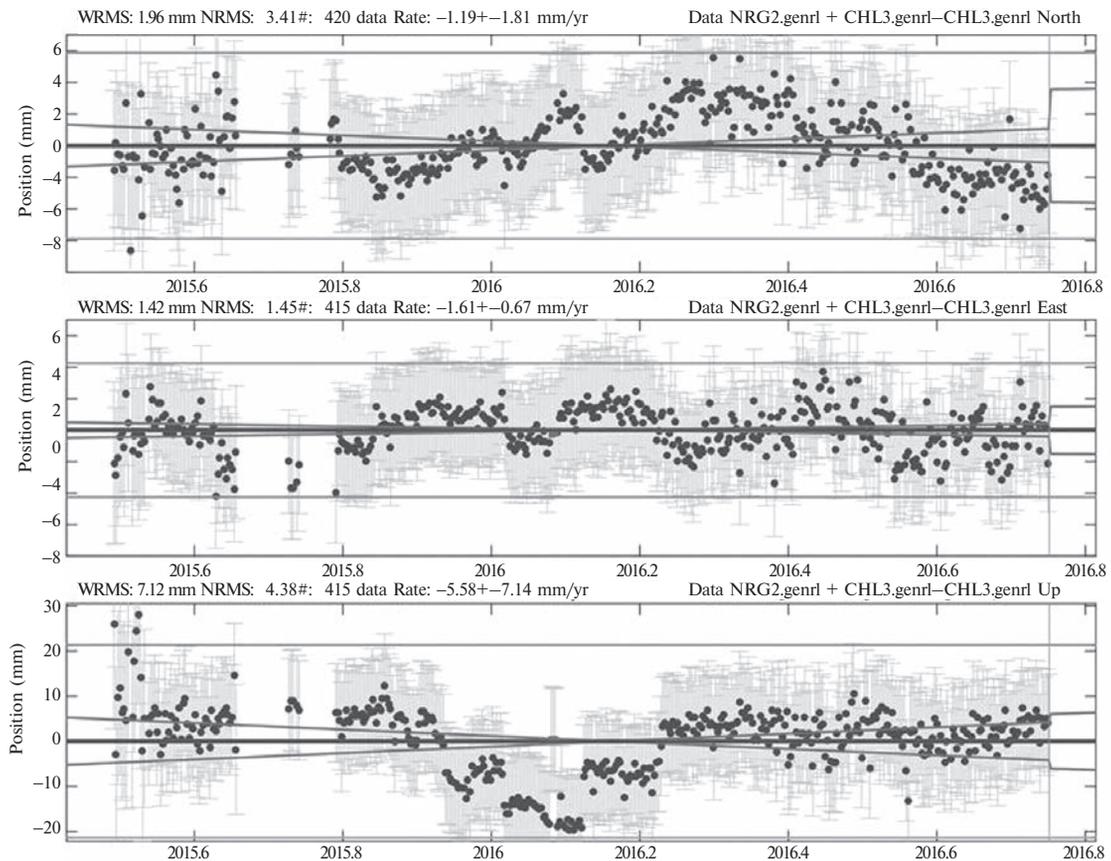


Рис. 3. Временной ряд пункта NRG2 относительно CHL3.

кабря 2016 г. (см. рис. 3). Точками показана разность ежедневных позиций двух станций покомпонентно и рассчитанная линейная скорость по 420-ти ежедневным решениям, полученным за период совместного наблюдения. Обработка всех данных GPS измерений производилась программным пакетом GAMIT/GLOBK ver. 10.6 [Herring et al., 2015]. На рис. 3 видно, что значение северной компоненты скорости смещения пункта в г. Нерюнгри относительно пункта в г. Чульман (см. рис. 1), находится в пределах стандартного отклонения и составляет  $-1.2 \pm 1.8$  мм/год. Скорость смещения по компоненте восток-запад составляет  $-1.6 \pm 0.7$  мм/год. Полученные значения скоростей должны приводить к правостороннему смещению с растяжением на активных разломах между пунктами наблюдения. Учитывая, что между пунктами расположены два разлома (Кабактинский и Нижне-Нерюнгринский) СЗ–ЮВ простирания, правостороннее смещение по направлению восток-запад будет приносить составляющую растяжения. Полученные в результате GPS измерений векторы смещений соответствует кинематическому типу Нижне-Нерюнгринского разлома и подчеркивают праводвиговое смещение по нему со сжатием. В то же время, сдигово-взбросовый тип Кабактинского разлома также с пра-

восторонней составляющей, установленный по геологическим данным [Овсюченко и др., 2009], должен формироваться также в обстановке сдвига с небольшой компонентой сжатия, чего мы по данным GPS измерений не наблюдаем.

Скорость смещения пункта в г. Нерюнгри, рассчитанная за 5-летний период (с 27.10.2011 г. по 01.10.2016 г.), составила  $21.83 \pm 0.73$  мм/год в направлении восток-запад и  $12.26 \pm 0.25$  мм/год в направлении север-юг в международной отсчетной основе ITRF2014 (рис. 4).

Полученные значения незначительно отличаются от теоретических значений скорости движения Евразийской плиты в указанной точке. Разность измеренных скоростей со скоростями согласно кинематической модели Евразийской плиты, полученной в работах [Kreemer et al., 2014] составляют  $|0.5|$  мм/год для восточной компоненты и  $|1.0|$  мм/год для северной компоненты. Вместе с тем, расчет изменения длины базовой линии между GPS пунктами NRG2 и CHL3 показал, что скорость деформации удлинения приблизительно составляет  $5 \times 10^{-8}$ , что хорошо соотносится со скоростями деформаций, полученных в работе [Ашурков и др., 2016].

Разумеется, что для повышения точности определения скорости горизонтальных смеще-

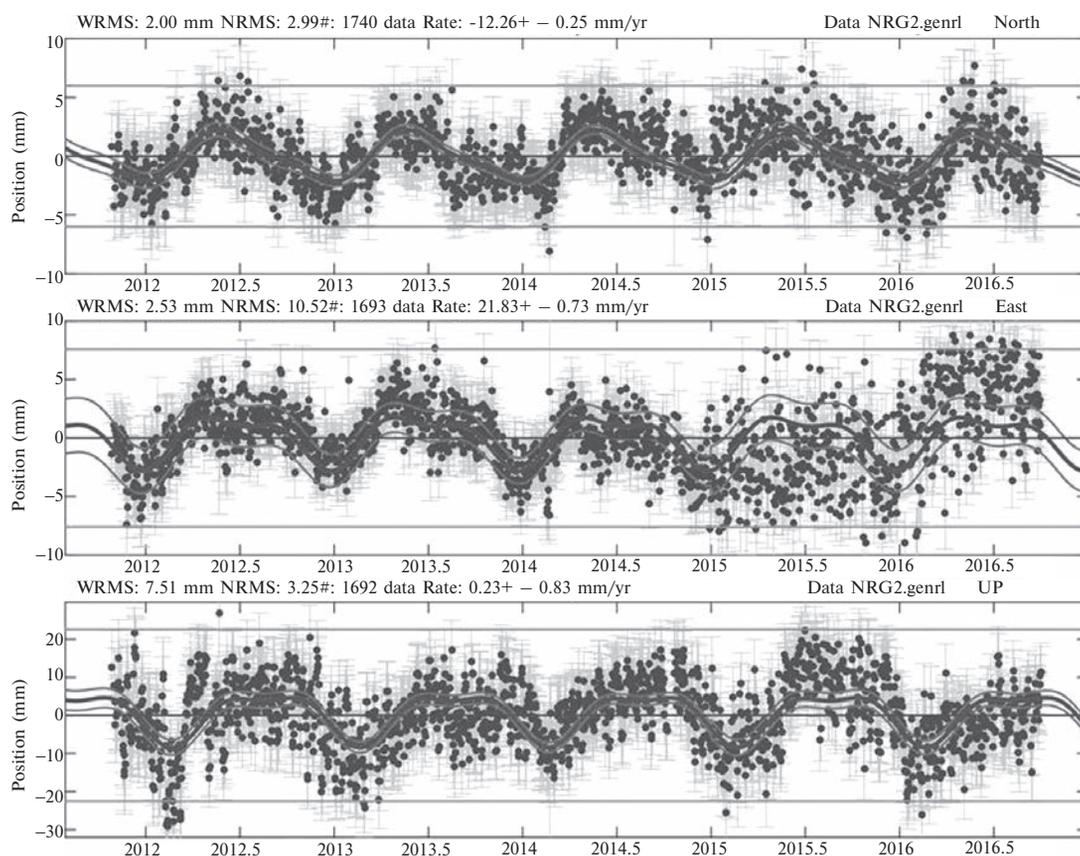


Рис. 4. Временной ряд GPS станций в г. Нерюнгри.

ний земной коры на станции CHL3 необходимо продолжить синхронные со станцией NRG2 измерения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Протяженная (свыше 3 тыс. км) зона деструкции земной коры между Байкалом и Охотским морем, маркируемая проявлениями сейсмичности за более чем 100-летний период наблюдений на юге Сибири и Дальнем Востоке, несомненно, обусловлена современным транспрессионным (сжатие со скольжением) сближением Амурской и Евразийской плит в восток–северо-восточном направлении [Имаева et al., 2017]. Источником такого взаимодействия может являться столкновение Индийского субконтинента с окраинными структурами Евразии, под влиянием которого произошла коллизия и формирование отдельных микроплит и блоков различного размера на территории Китая и Монголии [Plate-tectonic ..., 1984; Tarronier, Molnar, 1979], в том числе в пределах Забайкалья и Приамурья. Это убедительно фиксируется проявлениями сейсмичности, которые оконтуривают границы блоков. В нашем случае пространственное размещение эпицентров землетрясений (рис. 5) отчетливо обосновывает выделение в буферной

зоне между упомянутыми плитами автономного Алдано-Станового блока. Указанный факт находит отражение в структуре рельефа исследуемой территории развитии здесь системы активных разрывных нарушений (сдвигов, взбросов и надвигов), утолщению земной коры и возникновении крупных горных сооружений, представляющих значительную область скручивания земной коры под влиянием сжатия [Имаева и др., 2012].

Сопоставление результатов сейсмотектонического анализа территории с данными предшествующих измерений на геодезических полигонах в Южной Якутии [Гусев и др., 1985] и материалами космического позиционирования (GPS наблюдения), подтверждает наличие этой контактной зоны и объясняет в ней механизм блокового взаимодействия, что позволило согласиться с предложенной моделью современной сейсмогеодинамики (см. рис. 5). Алдано-Становой блок, зажатый между Евразийской и Амурской плитами, испытывает давление в силу раскрытия Байкальского рифта и смещается к юго-востоку со скоростью 0.3–0.5 см/год [Calais et al., 2006]), как бы проворачивается против часовой стрелки, перемещаясь на восток в направлении Охотского моря. Кабактинский и Нижнерюнгринский разломы, на которых велись GPS наблюдения, испытывают влияние активных тектонических

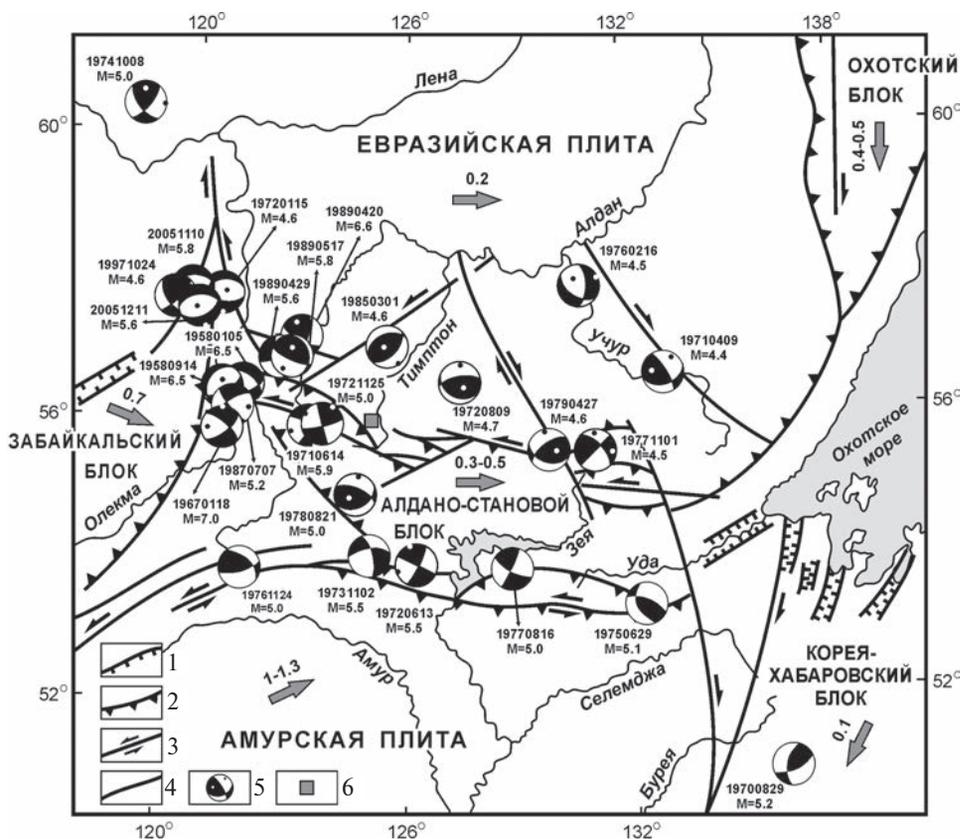


Рис. 5. Схема современной геодинамики территории переходной зоны БРЗ и Южной Якутии.

1 – региональные активные разломы сбросовой кинематики, 2 – активные надвиги и взбросы, 3 – активные сдвиги, 4 – разломы неуставленной кинематики, 5 – фокальные механизмы землетрясений с датой возникновения и магнитудой события, 6 – черным пунктиром показано местоположение пунктов наблюдений GPS станций. Залитые стрелки показывают направление главных смещений плит и блоков и скорость смещения по ним за позднеголоценовый период (моложе 5000 лет), определенные по геолого-геофизическим данным [Имаев и др., 2000; Имаева et al., 2017].

процессов, протекающих на границе этих плит, и демонстрируют современные горизонтальные правосдвиговые подвижки внутри Чульманской впадины. Это не противоречит результатам триангуляционных измерений на геодинамических полигонах в районе Станового хребта, где средние скорости горизонтальных смещений реперов в восточном направлении достигают 0.3 см/год [Бочаров, Замараев, 1991]. С юга на Алдано-Становой блок оказывает воздействие Амурская плита, которая на данном участке межплитной границы смещается к восток–северо-востоку относительно Евразийской со скоростью до 1 см/год [Arel et al., 2006] и поддерживает его движение в восточном направлении. В итоге, рассматриваемые структуры одновременно смещаются к востоку, но за счет меньшей скорости движения Алдано-Становой блок отстает от Амурской плиты, что в итоге способствует развитию на их границе левых сдвигов. Это согласуется с данными геоморфологических исследований в пределах Тукурингро-Джагдинской

зоны, где Южно-Тукурингрский разлом трассируется вдоль полосы контрастного сочленения Верхне-Урканской впадины и поднятия хребта Тукурингра. Здесь названный разлом смещает влево (к западу) молодые (плейстоцен-голоцен) руслово-пойменные отложения в верховьях небольших северных притоков р. Уркан (правого притока р. Зеи). Максимальная амплитуда таких смещений достигает 0.8 км. В этом случае средняя скорость горизонтальных движений по типу левого сдвига, если считать, что смещение происходило с начала верхнего плейстоцена (130 тыс. лет), будет составлять 0.3–0.5 см/год [Николаев и др., 1979, 1982]. Кроме того, подвижки типа левого сдвига подтверждаются параметрами фокальных механизмов сильных землетрясений (левые сдвиги, надвиги, взбросы), отмеченных в Тукурингро-Джагдинской зоне в 1972–1989 гг. (см. рис. 5).

На восточном фланге Алдано-Становой блока (восточные части Олекмо-Становой и Тукурингро-Джагдинской сеймотектонических зон)

также отчетливо прослеживается влияние его смещения на восток. Геолого-геофизический анализ морфотектоники новейших структур этих зон позволил выявить блок сжатия (Токинский Становик и Токинская впадина) в виде мощной зоны скупивания земной коры между окончаниями двух крупных сопряженных Тыркандинской и Итун-Иланской правосдвиговых систем, простирающихся в северо-западном направлении и действующих как единая динамопара.

При пересечении названными сдвиговыми системами субширотной зоны разрывов Станового краевого шва сформировался особый класс структур — ряд дуплексов сжатия [Имаева и др., 2012], обладающих наибольшим сейсмическим потенциалом. Такое взаимоотношение между разрывами двух генеральных направлений — широтного, характерного для шовной границы между Алданским щитом и Джугджуро-Становой областью (Южно-Становой, Атугей-Нуямский и Авгенкуро-Майский левые сдвиг-взбросы), и диагонального (Тыркандинский и Итун-Иланский правые сдвиги) — отражает динамику взаимодействия блоков вблизи северо-восточной границы Амурской плиты. При этом одним из источников возникновения северо-западного сжатия, под влиянием которого происходит активизация названных сдвигов, в частности Итун-Иланского разлома, проникающего в пределы Алданского щита, скорее всего, являются движения по протяженной системе разломов Тан-Лу в Северном Китае, а также воздействие со стороны зоны Тихоокеанской субдукции [Малышев и др., 2007].

Процесс направленного перемещения к востоку Алдано-Станового блока совместно с Амурской плитой способствует также формированию на крайнем востоке в пределах Северного Приамурья и юга Дальнего Востока субдолготных структур сжатия, представленных крупной горной системой (хребты Турана, Буреинский, Баджалский и др.), и появлению за ней, восточнее, структур растяжения в виде Тугуро-Амгинских впадин (см. рис. 5).

Полученные нами наблюдения за характером горизонтальных смещений пунктов наблюдений в г. Нерюнгри и Чульмане, показывают преобладающий правосдвиговый характер смещения по Кабактинскому и Нижненерюнгринскому разломам внутри Чульманской впадины и не противоречат предложенной ранее нами модели современной геодинамики Южной Якутии, хорошо укладывающейся в известные цифры смещений [Имаева и др., 2012].

Разумеется, что для дальнейшей детализации исследований, было бы необходимо увеличить количество станций наблюдений и продлить их временные ряды.

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Данное научное исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (№ 19-05-00062), комплексной программы правительства Республики Саха (Якутия) по изучению территории республики в 2016–2020 гг., а также в рамках выполнения работ по проекту ИЗК СО РАН (№ 346-2018-0001) и ИГАИБМ СО РАН (№ 0381-2616-0001).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ашурков С.В., Саньков В.А., Серов М.А. и др.* Современные деформации Амурской плиты и окружающих структур по данным GPS измерений // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 11. С. 299–311.
- Бочаров Г.В., Замараев Н.Н.* Геодезические измерения на геодинамических полигонах Южной Якутии // Геодезия и картография. 1991. № 3. С. 30–34.
- Геодинамика Олекмо-Становой сейсмической зоны / Под ред. Л.М. Парфенова, Б.М. Козьмина, В.С. Имаева и др. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985. 136 с.
- Гусев Г.С., Петров А.Ф., Фрадкин Г.С. и др.* Структура и эволюция земной коры Якутии. М.: Наука, 1985. 284 с.
- Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.* Сейсмо-тектоника Якутии. М.: ГЕОС, 2000. 205 с.
- Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. и др.* Буферные сейсмогенные структуры между Евразийской и Амурской литосферными плитами на юге Сибири // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 55–61.
- Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М., Смекалин О.П.* Сейсмогеодинамика Алдано-Станового блока // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. № 1. С. 517.
- Малышев Ю.Ф., Подгорный В.Я., Шевченко Б.Ф. и др.* Глубинное строение структур ограничения амурской литосферной плиты // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26. № 2. С. 3–17.
- Николаев В.В., Семенов Р.М., Солоненко В.П.* Сейсмогеология Монголо-Охотского линеамента. Новосибирск: Наука, 1979. 112 с.
- Николаев В.В., Семенов Р.М., Семенова В.Г., Солоненко В.П.* Сейсмо-тектоника, вулканы и сейсмическое районирование хребта Станового. Новосибирск: Наука, 1982. 149 с.
- Овсяченко А.Н., Трофименко С.В., Мараханов А.В. и др.* Детальные геолого-геофизические исследования и сейсмическая опасность Южно-Якутского региона // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 4. С. 55–74.
- Парфенов Л.М.* Континентальные окраины и островные дуги мезозойд Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 192 с.
- Парфенов Л.М., Козьмин Б.М., Имаев В.С., Савостин Л.А.* Тектоническая природа Олекмо-Становой сейсмической зоны // Геотектоника. 1987. № 6. С. 94–108.
- Altamimi Z.* ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial frame // J. of Geodesy / Eds

- Z. Altamimi, X. Collilieux, L. Métivier. 2011. V. 85. P. 457–473. DOI: 10.1007/s00190-011-0444-4
- Apel E.V., Burgmann R., Steblov G. Independent active microplate tectonics of northeast Asia from GPS velocities and block modeling // *Geophys. Res. Lett.* 2006. V. 33. № 11. L11303. DOI: 10.1029/2006GL026077
- Calais E., Dong L., Wang M. et al. Continental deformation in Asia from a combined GPS solution // *Geophys. Res. Lett.* 2006. V. 33. № 24. L2431. DOI: 10.1029/2006GL028433
- Herring T. GAMIT/GLOBK Matlab tools (Online resource) / Eds T. Herring, S. McClusky. MIT, 2009. URL: <http://www-gpsg.mit.edu/~tah/GGMatlab/> (date of access: 01.05.2016).
- Herring T.A., King R.W., McClusky S.C. Introduction to GAMIT/GLOBK, release 10.6 Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology. 2015. [http://chandler.mit.edu/~simon/gtgk/Intro\\_GG.pdf](http://chandler.mit.edu/~simon/gtgk/Intro_GG.pdf) URL:<http://garner.ucsd.edu/>(date of access: 01.05.2016).
- Imaeva L.P., Koz'min B.M., Imaev V.S. et al. Seismotectonic destruction of the Earth's crust in the zone of interaction of the northeastern side of the Baikal rift and the Aldan-Stanovoy block // *J. Seismol.* 2017. V. 21. P. 385–410. DOI: 10.1007/s10950-016-9607-3
- Kreemer C., Blewitt G., Klein C. A geodetic plate motion and global strain rate model. G3 // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.* 2014. № 15(10). P. 3849–3889. DOI: 10.1002/2014GC005407
- Mackey K.G., Fujita K., Gounbina L.V. et al. Explosion contamination of the Northeast Siberian seismicity catalog: implication for natural earthquake distributions and location of the Tanlu Fault in Russian // *Bull. Seismol. Soc. Amer.* 2003. V. 93. № 2. P. 737–746.
- Plate-tectonic map o Circum-Pacific region. Circum-Pacific map series // U.S. Geological Survey. 1984.
- Tapponier P., Molnar P. Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tien-Shan, Mongolia and Baykal // *J. Geophys. Res.* 1979. V. 84. № B7. P. 3425–3459.

## MODERN DISPLACEMENT OF ACTIVE FAULTS IN SOUTH-YAKUTIAN COAL-BEARING DEPRESSION ON THE GPS DATA

V. S. Imaev<sup>1, 2, \*</sup>, L. P. Imaeva<sup>1, \*\*</sup>, S. V. Ashurkov<sup>1,2, \*\*\*</sup>,  
N. N. Grib<sup>3, \*\*\*\*</sup>, I. I. Kolodeznikov<sup>4, \*\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Earth Crust SB RAS, Lermontov str. 128, Irkutsk, 664033 Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Geology of Diamond and Precious Metals SB RAS,  
Lenin Avenue 39, Yakutsk, 677000 Russia*

<sup>3</sup>*Technical Institute (Branch) of North-Eastern Federal University,  
Kravchenko str. 16, Neryungri, 678960 Russia*

<sup>4</sup>*Academy of Sciences Republic of Sakha (Yakutia),  
Lenin Avenue 33, Yakutsk, 677007 Russia*

\*e-mail: [imaev@crust.irk.ru](mailto:imaev@crust.irk.ru)

\*\*e-mail: [imaeva@crust.irk.ru](mailto:imaeva@crust.irk.ru)

\*\*\*e-mail: [ashurkov@crust.irk.ru](mailto:ashurkov@crust.irk.ru)

\*\*\*\*e-mail: [grib@nfygu.ru](mailto:grib@nfygu.ru)

\*\*\*\*\*e-mail: [anrsa@mail.ru](mailto:anrsa@mail.ru)

Received October 24, 2017

For a quantitative assessment of the current horizontal velocity of the surface displacement of the crust in southern Yakutia in recent years, was organized the first and only points of permanent GPS observations in the city of Neryungri (NRG) and the city of Chulman (CHL3). Both points of observation are located within the southern margin of the Eurasian plate, near the system of active structures separating it from the Amur plate.

To estimate the relative displacement, the period of joint operation of these two GPS points was chosen, namely from June 29, 2015 to December 1, 2016. The rate of displacement of the point in Neryungri, calculated for a 5-year period (from 27.10.2011 to 01.10.2016), was  $21.83 \pm 0.73$  mm/year in the East-West direction and  $12.26 \pm 0.25$  mm/year in the North-South direction in the international reference basis ITRF2014. The obtained values differ slightly from the theoretical values of the velocity of the Eurasian lithospheric plate at the specified point. The difference of the measured velocities with velocities according to the known kinematic model of the Eurasian plate obtained in this paper is  $|0.5|$  mm/year for the Eastern component and  $|1.0|$  mm/year for the Northern one and corresponds to the assessment of other authors [Kreemer et al., 2014]. To improve the accuracy of determining the speed of horizontal displacements of the earth's crust at the station CHL3, it is necessary to continue measurements synchronous with the station NRG2.

**Key words:** active faults, GPS observations, modern dynamics, horizontal movements.