

КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ В ЗАДАЧАХ ГЕОДИНАМИКИ: СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ В ЗЕЙСКО-БУРЕЙНСКОМ БАССЕЙНЕ

*А.И. Мирошниченко¹, А.П. Сорокин², В.А. Саньков¹, А.В. Лухнев¹, С.В. Ашурков¹, А.Т. Сорокина², **Н.И. Панфилов**, М.А. Серов², С.И. Шерман¹*

¹*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск*

²*Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск*

Поступила в редакцию 17 июля 2006 г.

Амуро-Зейский геодинамический полигон был организован для изучения современных внутриконтинентальных деформаций земной коры в 2000 году. Результаты расчетов поля скоростей за период измерений с 2000 по 2003 гг. описывают три масштабных уровня движений. Генеральный уровень характеризуется векторами движений пунктов IGS наблюдений в восточной части Азии, включая новый пункт VLAG (г. Благовещенск). Юго-восточное смещение пункта стабильной Сибирской платформы, представленной пунктом IRKT (г. Иркутск), служит индикатором деформаций в северо-восточной части Амурской плиты. Измерения по региональному субширотному профилю Благовещенск – Сутара, пересекающему Нижнезейский бассейн, показывают смещение Баджало-Буреинско-Малохинганского блока на юго-запад по отношению к Северо-Китайскому блоку. Предполагается, что зона динамического влияния конвергентной границы Амурской и Охотоморской плит распространяется далеко вглубь континента, захватывая и территорию Зейско-Буреинского бассейна. В результате измерений на локальном геодинамическом полигоне в с. Константиновка выявлена связь деформаций зданий и сооружений с подвижностью разломов фундамента южной части Нижнезейского бассейна. Асейсмические деформации определяются медленными горизонтальными тектоническими движениями в зоне сочленения ССВ структур Нижнезейского бассейна с субширотными разломами Хайлар-Сюньхэйского пояса.

Ключевые слова: современная геодинамика, GPS-геодезия, Зейско-Буреинский бассейн.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие методов космической геодезии вносит существенный, часто решающий, вклад в современные исследования геодинамических процессов [18]. Усовершенствование спутниковых технологий позволило достичь высокой точности измерения больших расстояний на земной поверхности, что практически невозможно достичь методами классической геодезии: триангуляции, светодальнометрии, нивелировки и т. п. [14]. Ограничением этих методов является невозможность исключить накопление ошибок в процессе развертывания и уравнивания геодезических сетей. Существующая система спутниковой геодезии и программное обеспечение позволяют рассчитывать скорости смещений постоянных GPS-пунктов с точностью до 1–2 мм/год по горизонтальным компонентам [24]. Вычисления кинематики глобального движения литосферных плит, по данным GPS-

геодезии, показали, что полюса вращения плит и скорости их движения согласуются с моделью NUVEL-1A [16] в пределах среднего квадратичного отклонения величин. Они также согласуются с данными измерений методом длиннобазисной радиоинтерферометрии (VLBI) и методом лазерной локации искусственных спутников Земли (SLR) [26–28].

НОВЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Территория Дальневосточного региона в позднем кайнозое является местом взаимодействия тектонических сил различного происхождения, к важнейшим среди которых можно отнести конвергентные движения на границах Тихоокеанской, Охотоморской, Амурской и Евразийской литосферных плит. Производными этих процессов являются высокая сейсмичность региона, аномальный тепловой поток, активный вулканизм и гидротермальная деятель-

ность. В направлении к внутренней части континента интенсивность проявлений современных движений затухает.

В течение длительного периода времени изучение деформаций на межплитных границах базировалось на косвенных методах – сейсмологических, геолого-структурных, геоморфологических и др. Прямые методы изучения движений земной поверхности (геодезические измерения) использовались, как правило, в локальном масштабе. Измерения современных движений с использованием метода спутниковой геодезии в пределах российского Дальнего Востока начаты в 90-х годах двадцатого столетия.

Наиболее развитая сеть постоянных GPS пунктов организована и функционирует на территории Камчатки и Командорских островов с 1996 года [17]. Результаты измерений позволили вычислить среднюю скорость сближения Охотоморской и Тихоокеанской плит в районе Камчатского желоба, величина ее составляет 51.3 мм/год. Получены количественные данные о роли каплинга по зоне поддвига в процессе взаимодействия литосферных плит. Весьма важным результатом работы сети была фиксация деформаций, связанных с Кроноцким землетрясением 1997 г. ($M_w=7,8$) [2].

В рамках проекта WING (Western Pacific Integrated Network) с 1995 года проводились наблюдения на постоянных пунктах в городах Владивостоке, Хабаровске, Петропавловске-Камчатском и Южно-Сахалинске. Опубликованные результаты расчетов горизонтальных движений за относительно короткий период измерений – с июля 1995 г. по октябрь 1996 г. [21] – показали хорошую сходимость с данными модели движения жестких плит.

Сразу после Нефтегорского землетрясения 1995 г. были начаты измерения на полевых пунктах на о. Сахалин. Геодинамические полигоны организованы как в северной, так и в южной частях острова. По данным измерений на постоянных станциях выявлено, что он перемещается со скоростью 3–4 мм/год в западном направлении относительно Евразии [23]. В южной части острова наблюдается субширотное сжатие вкрест простирания границы Амурской и Охотоморской плит со скоростью около 7 мм/год [1]. Сделан вывод, что деформации, обусловленные конвергенцией литосферных плит, в основном реализуются в пределах территории острова.

В Приморье первая полевая геодезическая сеть GPS пунктов начала функционировать с 2001 года. Она охватывает юг Сихотэ-Алиня, включая зону Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Предварительные данные измерений показали слабую актив-

ность движений в этой части Дальневосточного региона [13]. В том же районе с 2003 года начаты измерения по субширотному профилю через Центральный Сихотэ-Алинский разлом. По результатам ежегодных измерений в период с 2003 по 2005 гг. выявлены значимые левосторонние смещения по разлому [10]. Полученные данные, на наш взгляд, требуют пристального внимания и дополнительной проверки, поскольку входят в противоречие с результатами многочисленных геолого-структурных и геоморфологических наблюдений [6].

Функционирующая сеть GPS пунктов способна обеспечить получение более точных данных о современной геодинамике в переходной области континент–океан. Вместе с тем, существует необходимость развития геодезических измерений на территории Дальневосточного региона, основанных на применении спутниковой технологии.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИИ ЗЕЙСКО- БУРЕЙНСКОГО БАССЕЙНА МЕТОДОМ GPS ГЕОДЕЗИИ

Амуро-Зейский геодинамический полигон организован с целью изучения современных геодинамических процессов в северо-восточной части Амурской плиты в предполагаемой зоне динамического влияния областей ее взаимодействия с Охотоморской и Евразийской плитами. Полигон создан силами ИЗК СО РАН и ИГиП ДВО РАН в 2000 году. Измерения проводились комплектами GPS-приемников Ashtech Z-XII в полупостоянном режиме на пункте VLAG в г. Благовещенске, на временных полевых пунктах по региональному профилю г. Благовещенск – пос. Сутара (хребет Малого Хингана) и на Константиновском локальном геодинамическом полигоне, расположенном в южной части Нижнезейского бассейна.

Обработка данных первичных наблюдений осуществлена программным пакетом “GAMIT”, vers.10.5 [22] в ИЗК СО РАН. Координаты и ихращения для региональных станций рассчитаны с использованием параметров орбит спутников, предоставляемых Международной GPS службой (IGS), параметров вращения Земли (IERS), таблиц зависимости фазового центра антенн от азимута и высоты и других таблиц, рекомендованных IGS. Также в расчеты были включены 18 глобальных станций (FAIR, GRAZ, IRKT, SHAO, TSKB, ONSA, TIDB, USUD, KIT3, KSTU, URUM, TAIW, XIAN, HART, KOKB, YAKZ, TIXI, NVSK), относящихся к IGS, для связи с системой отсчета ITRF2000. Ковариационные матрицы векторов станционных позиций и расчеты спут-

никовых орбит для каждого независимого дня решения были обработаны фильтром “Кальмана” (“GLOBK”, [18]) для получения позиций станций и их формальных ошибок.

Расчеты поля скоростей смещений постоянных GPS-пунктов на территории Востока Азии сделаны относительно пункта IRKT (г. Иркутск), входящего в систему IGS. Пункт представляет Сибирскую платформу, относящуюся к стабильной Северной Евразии. Из схемы, представленной на рис. 1, видно, что пункт BLAG (г. Благовещенск) смещается в составе Амурской плиты в юго-восточном направлении относительно Сибирской платформы со скоростью около 5.4 мм/год. Отметим, что смещение пункта КНАЖ (г. Хабаровск) совпадает по направлению со смещением находящегося на окраине Охотоморской плиты пункта YSSK (г. Южно-Сахалинск). Недостаточная высокая точность решения для пункта КНАЖ, обусловленная коротким периодом наблю-

дений, не позволяет провести корректное сопоставление, особенно по значению скорости движения. По-видимому, истинное значение скорости будет меньше, поскольку, согласно работам [1, 23], лишь часть (не более 50 %) западного движения Охотоморской плиты передается на континент.

Профиль Благовещенск–Сутара, состоящий из 6 пунктов, пересекает Нижнезейский бассейн в широтном направлении от его западной границы с Северо-Китайским блоком (пункт BLAG) до Баджало-Буреинско-Малохинганского блока, в пределах южной части которого располагаются три пункта – TALA (п. Талакан), ARHA (п. Архара), SUTA (п. Известковый, р. Сутара) (рис. 2). По данным ежегодных измерений в 2000–2003 гг. рассчитано поле скоростей горизонтальных движений пунктов относительно пункта BLAG (рис. 2). Приводимые данные мы считаем предварительными, однако на уровне тенденции можно говорить о том, что Баджало-Буреинско-

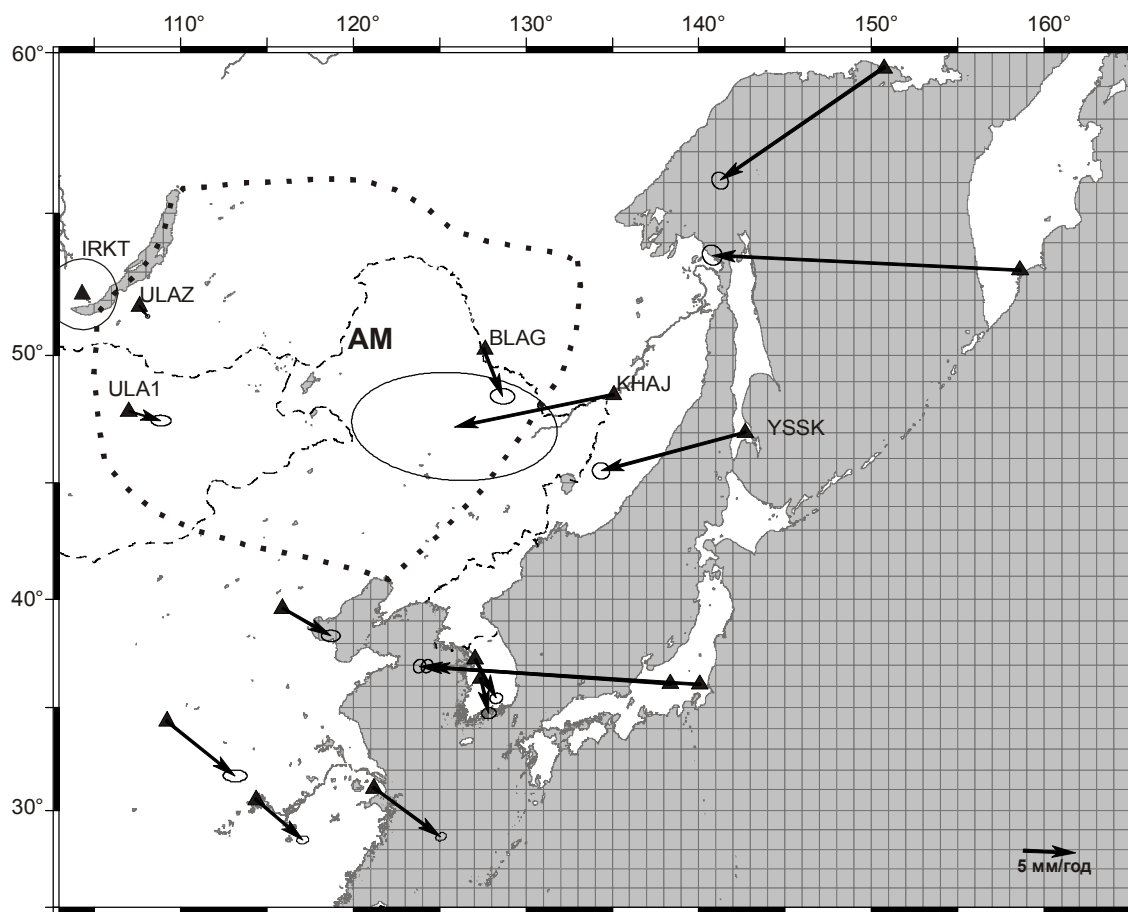


Рис. 1. Поле скоростей современных движений восточной части Азии, по данным измерений на постоянных и полупостоянных (BLAG) GPS-пунктах.

Векторы скорости смещений (стрелки) пунктов (треугольники) относительно пункта IRKT (г. Иркутск) показаны с эллипсами 95 % доверительного интервала. AM – Амурская плита (границы плиты обозначены линией из квадратиков).

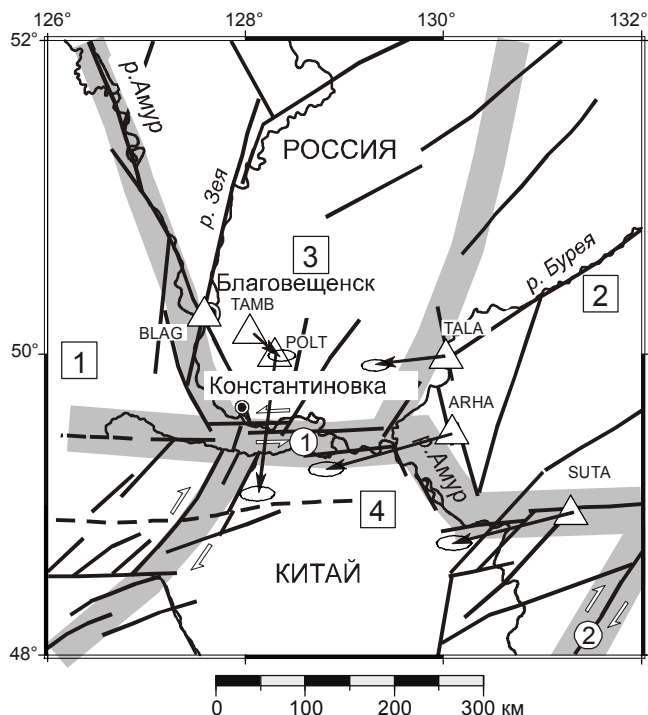


Рис. 2. Поле скоростей современных горизонтальных движений, по данным измерений на Амуро-Зейском полигоне за 2001–2003 гг.

Треугольниками показано расположение GPS-пунктов, стрелками – векторы скоростей смещений пунктов относительно пункта BLAG (г. Благовещенск). Цифрами в квадратах обозначены блоки: 1 – Северо-Китайский, 2 – Баджал-Буреинско-Малохинганский, 3 – Нижнезейский, 4 – Хинганский. Широкими серыми линиями показаны межблоковые зоны: 1 – Хайлар-Сюньхэйская; 2 – Тан-Лу.

Малохинганский блок смещается на юго-запад относительно Северо-Китайского блока. Все три пункта, находящиеся на западном склоне хребта Малого Хингана, имеют одинаковое направление и близкие скорости смещений. Этим движением создаются левосторонние сдвиговые смещения вдоль структур Нижнезейского бассейна, которые имеют ССВ простирание. Последнее не противоречит общей кинематической картине современных правосторонних сдвиговых смещений блоков окраины континента вдоль систем крупных разломов ССВ простирания (Тан-Лу, Центрального Сихотэ-Алинского и др.).

Нижнезейский бассейн отличается слабой сейсмичностью на современном этапе. В противоположность ему, сопредельная с юга территория Китая характеризуется повышенным уровнем сейсмической активности, а также четвертичным вулканизмом. В бассейне Амура, на стыке этих контрастных по степени проявления динамики недр территорий, обнаружены необычные деформации земной поверхности.

Разрушение зданий и сооружений без воздействия эндогенных (землетрясения) или экзогенных (обводнение, оползни и т.п.) явлений широко проявлены в районном центре Константиновка Амурской области. В местах максимальных деформаций отмечено активное выделение газов, в результате которого происходило разрушение бетонных конструкций и облицовки строений. Зарегистрированы случаи негативного воздействия скоплений газов в нижних этажах жилых и производственных помещений на здоровье людей. Анализ атмосферы в помещениях и в специально пробуренных шпурах показал повышенные значения токсичных компонентов газов: NO_2 , SO_2 , NH_3 , H_2CO , H_2S .

Село Константиновка располагается в южной части Нижнезейского бассейна в зоне торцового сочленения субмеридиональных и северо-восточных разломов с поднятием субширотного простирания в междуречье Амура и Сюньхэ. При этом известно, что субмеридиональные и северо-восточные зоны разломов заложилась, по крайней мере, в мезозое и слабо активны в плиоцен-четвертичное время, в то время как субширотные структуры Хайлар-Сюньхэйского пояса, скорее всего, имеют плиоцен-четвертичный возраст [29]. Мощность неконсолидированных кайнозойских осадков на юге впадины достигает 100 м.

В локальном плане [9] исследуемый район относится к южной части Завитинско-Майкурского поднятия, структура которого осложнена разрывами запад-северо-западного простирания, образующими уступы поверхности погребенных вулканитов мезозойского возраста, и субмеридиональными и северо-восточными разломами, согласными с генеральным простиранием поднятия. Собственно населенный пункт располагается в зоне пересечения локальных разломов вышеуказанных направлений, что предполагает высокую подвижность и проницаемость разреза.

Изучение повреждений и деформаций показало, что в зданиях, наряду с трещинами отрыва, которые в спокойных тектонических условиях относят на счет вертикальных движений проседания и поднятия земной поверхности из-за плохих грунтовых условий, или на счет плохого качества строительства, наблюдаются относительные смещения частей построек в горизонтальном направлении на площадках, не имеющих выраженного уклона рельефа. При этом отсутствуют признаки развития оползней или проседания грунта.

Часть зданий находятся в аварийном состоянии и не могут быть использованы без ремонта и укреп-

ления в дальнейшем. Степень повреждений зданий достигает 3–4 баллов (рис. 3) по 5-балльной шкале (MSK-64). Особенно опасно использование аварийных зданий в связи с тем, что территория поселка находится в 6-балльной сейсмической зоне (шкала MSK-64). Сейсмические сотрясения указанного уровня могут привести к частичному или полному разрушению зданий села и, возможно, к человеческим жертвам.

Степень нарушенности зданий на территории поселка не постоянна. Как показали наши исследования, она находится в прямой зависимости от плотности разрывных нарушений в фундаменте впадины, выделенных геофизическими методами. На рис. 4 приведен график зависимости степени нарушенности

зданий от плотности разломов, рассчитанной по схеме разломов с применением скользящей палетки размером 0.5×0.5 км.

Вероятность проявления эндогенных тектонических процессов на полигоне была проверена при помощи теста подземных вод и атмосферного содержания в них He. Измерения проведены на скважине 2990, являющейся одной из промысловых скважин Константиновского месторождения минеральных вод в пределах территории села. Минеральные воды вскрываются на глубине 141 м и приурочены к нижнемеловым вулканогенным образованиям поярковской свиты, представленной в основном трещиноватыми андезитами. Присутствие в значительных количествах гелия как в минерализованных водах из

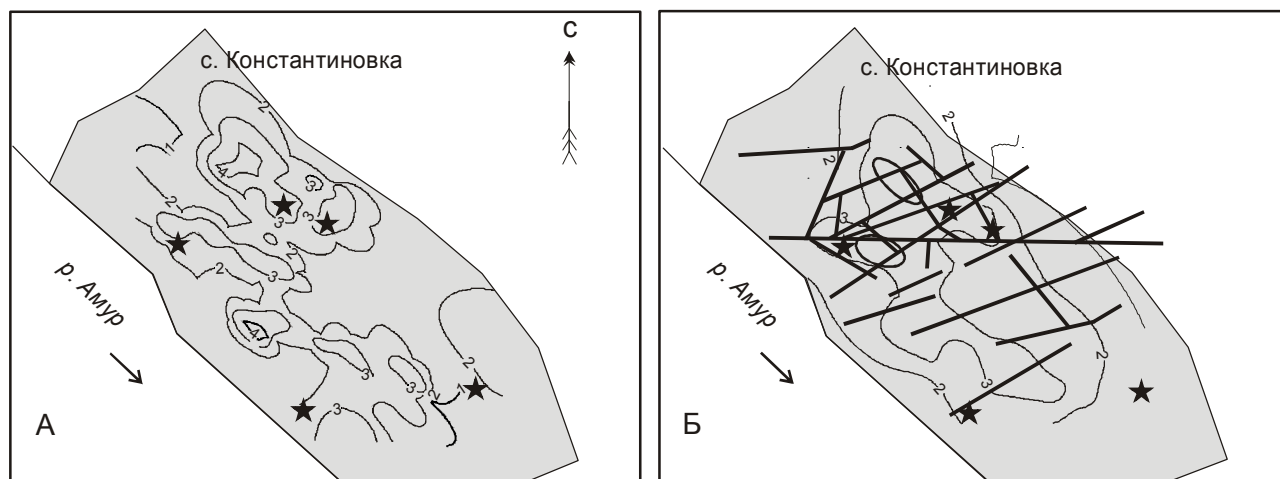


Рис. 3. Изолинии степени нарушенности зданий и сооружений (А) (указаны в баллах по 5-балльной шкале MSK-64) и плотности разломов (Б) в пределах с. Константиновка (закрашенный контур). Прямыми линиями на рис. 3 Б показаны разломы, выделенные по геофизическим данным. Звездами обозначено расположение GPS-пунктов.

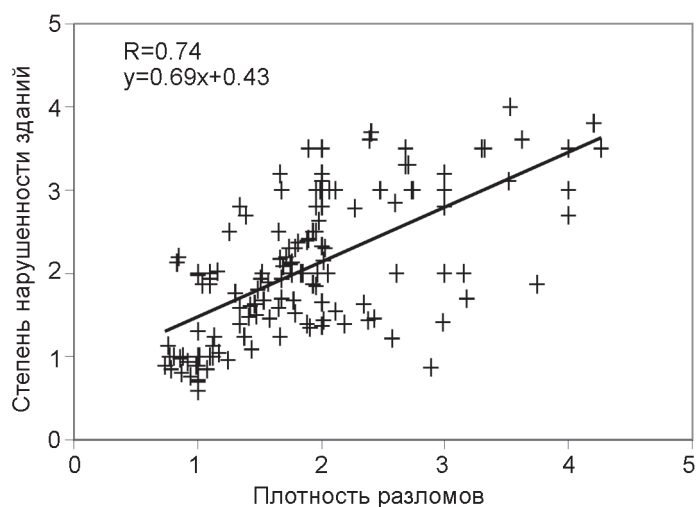


Рис. 4. График корреляции степени нарушенности зданий и сооружений от плотности разломов. Приведены коэффициент корреляции и уравнение связи.

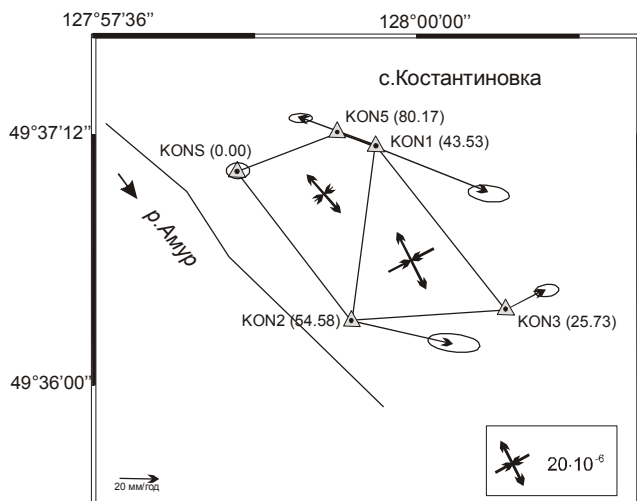


Рис. 5. Скорости современных горизонтальных движений и деформаций Константиновского геодинамического полигона за 2001–2003 гг. Векторы скоростей относительно GPS-пункта KONS показаны с эллипсами 95% доверительного интервала в мм/год. Парными сходящимися и расходящимися стрелками показаны скорости относительной деформации укорочения и удлинения, соответственно, (год^{-1}).

скважины, так и в атмосфере (более 10^{-4} мл/л) предполагает тектоническую природу активности данной территории.

Для количественной оценки деформаций земной поверхности был организован Константиновский геодинамический полигон, который располагается на территории села (рис. 5). Получены данные о локальных горизонтальных деформациях по результатам ежегодных измерений за 2001–2003 гг. За точку отсчета принят пункт KONS, измерения на котором проводились в постоянном режиме. Как следует из рис. 5, скорости горизонтальных смещений в пределах полигона сильно варьируют и достигают 80 мм/год. Значения скоростей относительных горизонтальных деформаций довольно высоки и достигают $8\text{--}25 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$, что подтверждает предположение о повреждении строений села за счет горизонтальных движений. Картина смещений пунктов может интерпретироваться как вращение поверхности против часовой стрелки, вызванное левосторонним смещением по широкой зоне субширотного Хайлар-Сюньхэйского разлома.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в результате проведения эксперимента данные имеют значение для понимания совре-

менной геодинамики Дальневосточного региона. Они интересны, в частности, с точки зрения оценки зоны деформаций, связанных с межплитными взаимодействиями.

Деформации на профиле Благовещенск–Сутара дают основание полагать, что блоки, составляющие плиту, имеют достаточно высокую степень подвижности. Исходя из этих результатов и данных геологоструктурных и сейсмологических исследований, можно предполагать, что зона динамического влияния восточной границы Амурской плиты распространяется внутрь континента вплоть до Северо-Китайского блока. Согласно предположениям В.В. Николаева [6], восточным ограничением Амурского блока, являющегося слабо деформирующимся ядром Амурской плиты, в понимании [3], служит система разломов Тан-Лу. Полученные нами результаты геодезических исследований не противоречат этим предположениям. Согласно сейсмологическим данным [25], северный отрезок одной из ветвей системы разломов Тан-Лу – разлом Юлан-Ютонг – имеет правостороннюю сдвиговую компоненту смещений, а на самом северном участке, вблизи сочленения с Южно-Тукурингским разломом, характеризуется надвиговым смещением в СВ направлении. Литосферные массы западнее этой зоны, образующие Амурскую плиту, с близкими скоростями смещаются в юго-восточном направлении относительно Сибирской платформы. Эти данные подтверждаются результатами, опубликованными в работе [30], три пункта сети на территории Северного Китая показывают юго-восточное направление смещений относительно Евразии. Независимость движения Амурской плиты от движений Северной Евразии, по последним данным измерений методом GPS геодезии на территориях Китая, Южной Кореи, Монголии, на 99% доверительном уровне, подтвердили авторы [20]. Согласно расчетам из работы [15], полюс вращения Амурской плиты относительно стабильной Северной Евразии находится севернее Станового нагорья в районе с координатами $58.360 \pm 6.11^\circ$ с.ш. и $130.968 \pm 1.91^\circ$ в.д. [15]. Результаты новейших исследований кинематики привели авторов работы [19] к выводу, что полюс относительно вращения плит находится несколько западнее – $60.653 \pm 0.87^\circ$ с.ш. и $121.720 \pm 1.85^\circ$ в.д. Первое решение не противоречит юго-восточному тренду смещения пункта BLAG, хотя включение его в расчеты должно несколько изменить положение полюса. В рамках второго решения движение пункта BLAG не вписывается, поскольку при таком положении полюса вектор его должен иметь северо-восточное направление. Закономерно возникает вопрос о причи-

нах сжатия, которое приводит к транспрессионным условиям деформирования земной коры в Олекмо-Становой зоне и на северном окончании системы разломов Тан-Лу. При указанном в работе [19] положении полюса вращения плит в этих районах могут возникать напряжения сжатия. Ранее условия сжатия и формирование сдвигов Олекмо-Становой зоны объяснялось тем, что полюс вращения плиты находится в районе Чарской впадины, и вдоль всей межплитной границы на восток от полюса возникали напряжения сжатия, а на запад – напряжения растяжения (Байкальский рифт) [3]. Леви К.Г. и Шерман С.И. [12] получили положение полюса вращения Амурской и Евразийской плит в районе плато Путорана на севере Сибирской платформы, а формирование сдвигов объясняли геометрией границы литосферной плиты. К выводу о том, что сжатие в Олекмо-Становой зоне связано с северо-восточным смещением Амурской плиты, пришли в недавней публикации В.С. Имаев с соавторами [4]. Полученные в результате измерений методом GPS-геодезии новые факты дополняют предложенные механизмы и заставляют обратить внимание на напряжения, возникающие за счет ЗСЗ смещения Охотоморской и Северо-Американской плит относительно Сибирской платформы, как на потенциальный источник деформаций сжатия для Олекмо-Становой зоны и территории Дальнего Востока.

Выявленный комплекс деформаций земной поверхности и сооружений на территории с. Константиновка и на прилегающих территориях, по нашему мнению, связан с активными горизонтальными тектоническими движениями по разломам фундамента. Активизация этих структур способствует их раскрытию, повышенной проницаемости для газов и подземных вод. Режим активизации разломов неизвестен, однако из мирового опыта наблюдения за подобными явлениями ясно, что здесь могут проявляться короткопериодные изменения напряженного состояния земной коры, которые фиксируются на геодинамических полигонах в Китае, на Камчатке, в Южной Калифорнии, на Памире и т. п. Изменения регулируют степень открытости разломов, их подвижность, что может быть зафиксировано путем проведения режимных наблюдений за деформациями, газовыделениями, режимом подземных вод. Примеры возникновения масштабных разрывных деформаций тектонической природы на поверхности Земли в условиях отсутствия сейсмичности в русскоязычной литературе описаны для территории Северо-Восточного Китая Г.Ф. Уфимцевым [11].

В связи с тем, что Нижнезейский бассейн характеризуется весьма слабой сейсмической активнос-

тью, достаточно сложно судить о системе современных действующих напряжений в земной коре. Вместе с тем, южнее и юго-западнее района исследований, на территории КНР, известны сейсмические события с магнитудой 4–5 и более. По данным китайских сейсмологов [31, 32], здесь преобладают механизмы очагов землетрясений сдвигового типа, ось растяжения в их очагах направлена в север–северо-западном направлении, а ось сжатия – в восток–северо-восточном. Субширотное поднятие Тукуринграджагы, ограничивающее Нижнезейский бассейн с севера, характеризуется подобной системой современных напряжений как по типу, так и по направлению принципиальных осей [7]. Интересующий нас блок земной коры деформируется, по-видимому, также под воздействием растяжения в северо-западном направлении и сжатия в северо-восточном, что предполагает левосторонние сбросо- или взбросо-сдвиговые смещения по субширотным разломам Хайлар-Сюньхэйского пояса, правосторонние сдвиго-сбросовые смещения по разрывам северо-восточного простирания и левосторонние сдвиговые смещения по северо-западным разрывам. Потенциально проницаемыми, в широком смысле, зонами в условиях этого напряженного состояния являются субширотные и северо-восточные структуры. Возможно, их активность в поле сдвиговых деформаций обусловила обильные газовыделения в с. Константиновка.

ВЫВОДЫ

Измерения современных движений с применением спутниковых технологий (GPS-геодезия) на Амуро-Зейском геодинамическом полигоне позволили выявить ряд интересных закономерностей проявления внутриконтинентальных деформаций земной коры. Установлено, что пункт BLAG (как, по-видимому, и Северо-Китайский блок) смещается в юго-восточном направлении относительно Сибирской платформы, а Баджало-Буреинско-Малохинганский блок – на юго-запад по отношению к Северо-Китайскому блоку. По этим материалам, а также данным геолого-структурных и сейсмологических исследований, можно предположить, что зона динамического влияния конвергентной границы Амурской и Охотоморской плит распространяется далеко вглубь континента, захватывая территорию Зейско-Буреинского бассейна.

В результате проведенных исследований на локальном геодинамическом полигоне выявлена связь деформаций зданий и сооружений с. Константиновка с подвижностью разломов фундамента Нижнезейского бассейна, выделенных по геофизическим дан-

ным. Эти асейсмические деформации, вероятно, связаны с медленными тектоническими движениями в зоне сочленения ССВ структур Нижнезейского бассейна с субширотными разломами Хайлар-Сюньхэйского пояса. Современные деформации приводят к разрушению существующих строений и способствуют выделению природных газов, в том числе вредных для здоровья людей.

На территории Нижнезейского бассейна нельзя исключить возможности проявления сильных землетрясений, поскольку скорости локальных горизонтальных деформаций достигают значений, характерных для высокоподвижных сейсмоактивных областей, таких как Байкальский рифт и Западная Монголия [5, 8].

Расширение существующих сетей GPS-полигонов и дальнейшие исследования поля скоростей современных движений позволят выявить расположение зон повышенных деформаций и потенциальной сейсмической активности на границах блоков и плит, определить соотношение и роль геодинамических процессов различного происхождения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, ДВО РАН (проект 06-П-СО-08-030) и СО РАН (проект ИП СО РАН №87), а также РФФИ (№05-05-97285).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василенко Н.Ф., Иващенко А.И., Прытков А.С. и др. Деформации земной поверхности Сахалина по данным GPS наблюдений // Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями вулканов в вулканических дугах: Материалы IV междунар. совещ. по субдукционным процессам в Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дугах, Петропавловск-Камчатский, 21–27 августа 2004 г. Петропавловск-Камчатский: Ин-т вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2004. С. 185–186.
2. Гордеев Е.И., Павлов В.М., Левин В.И., Бахтияров В.Ф. Субдукция плиты под Камчатку: “сейсмическая” скорость плиты, медленные землетрясения, скорость деформации // Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями вулканов в вулканических дугах: Материалы IV междунар. совещ. по субдукционным процессам в Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дугах, Петропавловск-Камчатский, 21–27 августа 2004 г. Петропавловск-Камчатский: Ин-т вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2004. С. 91–93.
3. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311 с.
4. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. и др. Буферные сейсмогенные структуры между Евразийской и Амурской литосферными плитами на юге Сибири // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 55–61.
5. Лухнев А.В., Саньков В.А., Мирошниченко А.И. и др. Новые данные о современных тектонических деформациях южного горного обрамления Сибирской платформы // Докл. РАН. 2003. Т. 389, № 1. С. 100–103.
6. Николаев В.В., Врублевский А.А., Ахмадулин В.А., Кузнецов В.Е. Геодинамика и сейсмическое районирование материковой части Дальнего Востока. Владивосток: ИКАРП ДВО РАН, 2000. 90 с.
7. Парфенов Л.М., Козьмин Б.М., Имаев В.С. Геотектоника Олекмо-Становой сейсмической зоны. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1985. 48 с.
8. Саньков В.А., Лухнев А.В., Радзиминович Н.А. и др. Количественная оценка современных деформаций земной коры Монгольского блока по данным GPS-геодезии и сейсмотектоники // Докл. РАН. 2005. Т. 403, № 5. С. 685–688.
9. Сорокин А.П., Сорокин А.А. Эволюция мезозойско-кайнозойских осадочных бассейнов Приамурья и закономерности формирования горючих полезных ископаемых // Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика Северо-Азиатского кратона и орогенных поясов его обрамления: Материалы ко II Всерос. металлоген. совещ. 25–28 августа 1998 г. Иркутск, 1998. С. 511–512.
10. Тимофеев В.Ю., Шевченко Б.Ф., Горнов П.Ю. и др. Приморская сеть GPS-станций для геодинамических исследований и современная кинематика Центрального Сихотэ-Алинского разлома // Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли: Материалы XXXIX Тектонического совещ. Т. 2. М.: ГЕОС, 2006. С. 301–305.
11. Уфимцев Г.Ф. Морфотектоника Монголо-Охотского горного пояса // Геодинамика внутриконтинентальных горных областей. Новосибирск: Наука, 1999. С. 23–30.
12. Шерман С.И., Леви К.Г. Трансформные разломы Байкальской рифтовой зоны // Докл. АН СССР. 1977. Т. 233, № 2. С. 454–464.
13. Шестаков Н.В., Герасименко М.Д., Коломиец А.Г. и др. Предварительные результаты GPS измерений в Приморском крае // Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями вулканов в вулканических дугах: Материалы IV междунар. совещ. по субдукционным процессам в Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дугах, Петропавловск-Камчатский, 21–27 августа 2004 г. Петропавловск-Камчатский: Ин-т вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2004. С. 170–171.
14. Bock Y., Agnew D.C., Fang P. et al. Detection of crustal deformation from the Landers earthquake sequence using continuous geodetic measurements // Nature. 1993. V. 361. P. 338–340.
15. Calais E., Vergnolle M., San'kov V. et al. GPS measurements of crustal deformation in the Baikal-Mongolia area (1994–2002): Implications for current kinematics of Asia // J. Geophys. Res. 2003. V. 108, N B10, 2501 10.1029/2002JB002373 25 October 2003.
16. DeMets, C., R. G. Gordon, D. F. Argus, and S. Stein. Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions // Geophys. Res. Lett. 1994. 21. P. 2191–2194.
17. Gordeev E.I., Gusev A.A., Levin V.E. et al. Preliminary analysis of deformation at the Eurasia-Pacific-North America plate junction from GPS data // Geophys. J. Int. 2001. V. 147. P. 189–198.
18. Herring T.A., Pearlman N.R. Future developments and synergism of space geodetic techniques // Contributions of Space Geodesy to Geodynamics, Geodynamics Ser. Eds. D.E.

- Smith, D.L. Turcotte. Washington, D.C.: Amer. Geophys. Un., 1993. V.25. P. 21–25.
19. Hsu H., Park P.-H., Kato T. et al. Amurian – a naissance plate: New GPS results supplemented by geological and geophysical evidence // Abstract book the 6-th Workshop of Asia-Pacific space geodynamics program. October 16–18, 2006, Jeju, Korea. 2006. P. 50.
 20. Jin Sh., Park P.-H., Kato T. et al. Active tectonics in NE Asia: A test of independent Amurian block motion by GPS velocities // Abstract book the 6-th Workshop of Asia-Pacific space geodynamics program. October 16–18, 2006, Jeju, Korea. 2006. P. 49.
 21. Kato T., Kotake Y., Nakao S. et al. Initial results from WING, the continuous GPS network in the western Pacific area // Geophysical Research Letters. 1998. V. 25, N 3. P. 369–372.
 22. King R.W., Bock Y. Documentation for the GAMIT GPS Analysis software. Mass. Instit. of Tech., Scripps Inst. Oceanogr. Release 10.0. 2002.
 23. Kogan, M.G., R. Burgmann, N.F. Vasilenko et al. The 2000 Mw 6.8 Uglegorsk earthquake and regional plate boundary deformation of Sakhalin from geodetic data, Geophys. Res. Lett., 30(3), 1102, doi 10.1029/2002GL016399, 2003.
 24. Larson K.M., Freymueller J.T., Philipsen S. Global plate velocities from the Global Positioning System // J. Geoph. Res. 1997. V.102, N B5. P. 9961–9981.
 25. Mackey K.G., Fujita K., Gounbina L.V. et al. Explosion contamination of the Northeast Siberian seismicity catalog: Implications for natural earthquake distributions and the location of the Tanlu fault in Russia// Bull.Seis.Soc.Am. V.93, N 2. P. 737–746.
 26. Molnar P., Gipson J.M. A bound on the reology of continental lithosphere using very long baseline interferometry: the velocity of south China with respect to Eurasia // J. Geoph. Res. 1996. V.101, N B1. P. 545–553.
 27. Quiang Zh., Wenyao Zh., Yongqin X. Global plate motion models incorporating the velocity field of ITRF96 // Geoph. Res. Letters. 1999. V.26, N 18. P. 2813–2816.
 28. Sillard P., Altamimi Z., Boucher C. The ITRF96 realization and its associated velocity field // Geoph. Res. Letters. 1999. V.25, N 17. P. 3223–3226.
 29. Tectonic system map of the People's Republic of China and adjacent sea area, 1:2500000. 1984.
 30. Wang Q., Zhang P.-Zh., Freymueller J.T. et al. Present-day crustal deformation in China constrained by Global Positioning System measurements, Science, 294, 2001. P. 574–577.
 31. Xu Zh., Wang S., Huang Yu., Gao A. Tectonic stress field in China inferred from a ladge number of small earthquakes // J. Geoph. Res. 1992. V. 97, N B8. P. 11867–11877.
 32. Xu, Y., Wiens, D. A. Upper mantle structure o the southwest Pacific from regional waveform inversion // J. Geophys. Res. 1997. V. 102, N B12. P. 439.

Рекомендована к печати А.И. Ханчуком

***A.I. Miroshnichenko, A.P. Sorokin, V.A. San'kov, A.V. Likhnev, S.V. Ashurkov, A.T. Sorokina,
N.I. Panfilov, M.A. Serov, S.I. Sherman***

Space geodesy in the issues of geodynamics: present-day movements in the Zeya-Bureya Basin

The Amur-Zeya geodynamic test ground was set up in 2000 to study present intracontinental deformations of the Earth's crust. The velocity calculations in the period from 2000 to 2003 describe three large-scale levels of movements. The general level is characterized by the vectors of movement of IGS sites in the eastern part of Asia, including the BLAG (Blagoveshensk) site. The south-eastern movement of the IRKT (Irkutsk) site of the stable Siberian platform is an indicator of deformations in the north-eastern part of the Amur plate. Measurement data on the regional sublatitudinal profile Blagoveshensk – Sutara intersecting the Lower Zeya Basin demonstrate the Badzhal-Bureya-Lesser Khingan block displacement to the south-west of the North China block. The dynamic effect of the convergent boundary of the Amur and the Okhotsk Sea plate is assumed to extend inland covering also the Zeya-Bureya Basin area. The measurements on the local geodynamic test site relate the deformations of buildings and constructions of Konstantinovka Village to the mobility of basement faults in the southern part of the Lower Zeya Basin. Aseismic deformations are determined by slow horizontal tectonic movements in the junction zone of NNE structures of the Lower Zeya Basin and sublatitudinal faults of the Hailar-Xunhei belt.

Key words: present-day geodymanics, GPS geodesy, Zeya-Bureya Basin.