

УДК 528.22:551.24(075.8)

DOI 10.52928/2070-1683-2023-34-2-84-91

**ТЕКТОНИКА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ В ОЧАГАХ КРУПНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ  
И РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ***канд. техн. наук, доц. Г.А. ШАРОГЛАЗОВА**(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)*

*В статье изложена гипотеза тектоники литосферных плит и ее значение в расположении очагов землетрясений и извержений вулканов на Земле. Дана информация о крупнейших по энергии и числу жертв землетрясений нашей планеты с привязкой к тектонике плит, включая землетрясения в Турции и Сирии 06.02.2023 г. Показано возрастание роли геодезии при исследовании геодинамических явлений в последние десятилетия в связи с внедрением спутниковых средств измерений, позволяющих определять расстояния в сотни и тысячи километров с точностью порядка  $10^{-8}$ – $10^{-9}$ , что обеспечило выход на экспериментальную проверку гипотезы тектоники плит, уточнение важнейших параметров Земли, а также на определение распространения деформаций от сильных землетрясений на земной поверхности. Сделан вывод, что сильнейшие землетрясения провоцируют деформации земной коры, охватывающие громадные территории Земли площадью в сотни тысяч и миллионы кв. км.*

**Ключевые слова:** *тектоника плит, крупнейшие землетрясения в мире, деформации земной коры, методы космической геодезии.*

**Введение.** Геодинамика – сравнительно молодая научная дисциплина, появившаяся на стыке геологии, геоморфологии, геодезии, сейсмологии, геофизики, астрономии, астрофизики и океанологии, занимается изучением динамических процессов, происходящих в системе «Земля», а также силовых полей, проявляющихся в этих процессах. При этом под системой «Земля» понимается физическое тело Земли вместе с ее внешними газообразными оболочками. Охватывая очень обширную область знаний, эта дисциплина имеет несколько определений в соответствии с направлениями исследуемых проблем. Наиболее широкое из них дают Д.Л. Теркот и Дж. Шуберт, которые определяют геодинамику как науку, изучающую движения и деформации, происходящие в земной коре, мантии, ядре, и их причины [1]. В силу междисциплинарности, геодинамика решает свои задачи при комплексном подходе не только наук о Земле, но и фундаментальных областей знаний. Она заставляет нас заняться изучением планеты Земля в целом, ее связи с другими планетами Солнечной системы и со Вселенной. Поэтому нельзя исследовать сейсмичность Земли без знания ее внутреннего строения, понимания глубинных процессов, тектонических моделей Земли, например, гипотезы тектоники плит с расположением очагов землетрясений и вулканов по границам этих плит.

Для усиления этого понимания большое значение в последние десятилетия приобрела геодезия благодаря успехам в развитии спутниковых технологий, позволяющих определять расстояния в сотни и тысячи километров с точностью порядка  $10^{-8}$ – $10^{-9}$ . Так, в результате внедрения в геодезическую практику спутниковых средств измерений оказалось возможным существенно расширить площадной охват участков Земли для организации на них геодинамического мониторинга за деформациями земной коры, в том числе и обусловленных землетрясениями.

В сущности, все известные методы космической геодезии (Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой – РСДБ; Спутниковая лазерная дальнометрия – SLR, или КОС; Доплеровские системы, основанные на эффекте Доплера – DORIS; Глобальная навигационная спутниковая система – GNSS, ГЛОНАСС) нашли широкое применение в геодинамических исследованиях. Более того, развитие данных методов заставило объединиться ученых многих стран с целью повышения эффективности их использования в решении задач геодинамики, особенно при исследовании глобальных, крупномасштабных и региональных геодинамических явлений. В результате были созданы основанные на перечисленных методах международные сервисы и службы: международный РСДБ-сервис (IVS); международная служба лазерной дальнометрии (ISLR); международная служба DORIS (IDS); международная GNSS служба (IGS). Благодаря объединенным усилиям указанных международных служб геодинамика стала стремительно развиваться, будучи действительно междисциплинарной и объединившей не только науки о Земле, но и фундаментальные области знаний. Эффективность сочетания данных методов космической геодезии для геодинамических исследований, а также тесно связанных с ними задач контроля общеземной геоцентрической системы координат, стабильности положения центра масс нашей планеты, параметров вращения Земли, гравитационного поля и его вариаций демонстрируют и результаты деятельности Глобальной геодезической системы (GGOS, Global geodetic observing system). GGOS развернута в XXI веке под эгидой Международной ассоциации геодезии (МАГ, IAG), и к настоящему времени ей получены уникальные данные, способствующие усовершенствованию геофизических и динамических моделей в системе «Земля» [2].

Из перечисленных международных служб, базирующихся, прежде всего, на методах космической геодезии, отметим службу IGS, максимально приближенную к массовым геодинамическим исследованиям, включающим и сейсмические события, которая занимается сбором GNSS данных (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS и т.д.) с постоянно работающих базовых станций, расположенных по всему миру, а значит на различных тектонических плитах, и входящих в сеть IGS. IGS призвана предоставлять данные высокого качества ученым всего мира как стандарта GNSS (Global Navigation Satellite Systems) с целью поддержки научных исследований в области изучения планеты Земля. В результате сеть IGS, охватывающая практически всю территорию земного шара, работает в режиме мониторинга, данные которого не только подтвердили гипотезу тектоники плит, но и позволили присту-

пить к созданию динамической модели этой тектонической гипотезы в пространственно-временном аспекте. Совместно с региональными спутниковыми геодезическими сетями, предназначенными для геодинамических исследований, ученым удалось продвинуться в изучении площадных территорий земной поверхности, охватываемых тем или иным землетрясением.

В статье сделан акцент на крупнейшие землетрясения, наблюдавшиеся в мире за последние 100 лет и предпринята попытка объяснить их с точки зрения гипотезы тектоники плит, а также уделено внимание результатам геодезических исследований о распространении вызванных этими землетрясениями деформаций земной коры, полученных благодаря обработке данных наблюдений с пунктов IGS сети в комплексе с региональными GNSS (GPS, ГЛОНАСС) построениями.

**Основная часть.** В модели, именуемой тектоникой плит, литосфера Земли разделена примерно на 10 жестких крупных плит и ряд более мелких толщиной порядка 70 км, которые перемещаются по астеносфере, обладающей повышенной текучестью, в горизонтальном направлении. Гипотезе тектоники плит предшествовала гипотеза дрейфа материков немецкого геофизика Альфреда Вегенера, выдвинувшего ее в начале двадцатого столетия. Отправной точкой его гипотезы явилось сходство береговых линий материков, расположенных по обе стороны от Атлантического океана. Исходя из этого, Вегенер предположил, что около 250 млн лет назад все материки были сгруппированы в единый гигантский суперматерик – Пангею, который состоял из двух частей. На севере располагалась Лавразия, объединявшая Евразию (без Индии) и Северную Америку, а на юге – Гондвана, представленная Южной Америкой, Африкой, Индостаном, Австралией и Антарктидой. Затем под действием каких-то гигантских сил суперматерик раскололся, и эти осколки, именуемые сейчас литосферными плитами, растеклись по астеносфере, образовав современные материки. Для подтверждения дрейфа материков А. Вегенер и его сторонники приводили четыре группы независимых доказательств: *геологические, геоморфологические, палеонтологические и палеоклиматические.*

Как все новое, гипотеза А. Вегенера научным сообществом была принята не сразу; обратили на нее внимание спустя несколько десятилетий, а к концу 60-х годов XX-го столетия развили до *гипотезы тектоники литосферных плит.* В настоящее время предполагается, что существуют не только континентальные, но и океанические плиты, то есть вся литосфера Земли расколота на гигантские плиты, которые движутся относительно друг друга и взаимодействуют друг с другом. Океанические плиты постоянно расширяются и давят на континентальные. Контуры плит определяются по зонам наиболее частых землетрясений и вулканических извержений, что связано с глубинными процессами внутри нашей планеты. Современные представления о строении внешней оболочки Земли согласно тектонике плит представлены на рисунке 1, сведения о плитах в соответствии с обозначениями этого рисунка приведены в таблице 1.



Рисунок 1. – Современные представления о строении внешней оболочки Земли (в плоской проекции)

Таблица 1. – Сведения о литосферных плитах (плиты расположены в порядке убывания площади)\*

Обозначение на рисунке 1	Название плиты	Площадь, км <sup>2</sup>	Основные краевые структуры
1	2	3	4
PA	Тихоокеанская	103300000	Кордильеры, Восточно-Тихоокеанское поднятие, желоба: Алеутский, Курило-Камчатский, Марианский, острова Кука, Гуамоту
NA	Североамериканская	75900000	Алеутские о-ва, Алеутский желоб, хребет Черского, Кордильеры, Восточно-Тихоокеанское поднятие
EU	Евразийская	67800000	Срединно-Атлантический хребет, о. Исландия, Альпы, Загрос, Гималаи, оз. Байкал, Становой хр.
AF	Африканская	61300090	Альпы, Атлас, Срединно-Атлантический хр., Великие Африканские разломы
AN	Антарктическая	60900000	Австрало-Антарктическое поднятие, Африкано-Атлантический хребет
AU	Австралийская	47000000	Австрало-Антарктическое поднятие, Аравийско-Индийский хр., Зондский желоб, Зондские о-ва, Новая Зеландия
SA	Южноамериканская	43600000	Анды, Малые Антильские о-ва, Срединно-Атлантический хр., Южно-Сандвичев желоб
SO	Сомалийская	16700000	Великие Африканские разломы, Западно-Индийский хр., Аравийско-Индийский хр.
NZ	Наска	15600000	хр. Наска, Чилийское поднятие, Восточно-Тихоокеанское поднятие, Чилийский и Перуанский желоба
IN	Индостанская	11900000	Гималаи, Срединно-Индийский хр., Андаманские о-ва
SU	Зондская	8916458	Зондский и Филиппинский желоба, котловина Южно-Китайского моря
PS	Филиппинская	5500000	Желоба Филиппинский и Рюкю, Западно-Марианская котловина
AM	Амурская	5303521	Становой хр., Корейский п-ов, Японский желоб, влк. Фудзияма, о. Сахалин
AR	Аравийская	5000000	Кавказ, Загрос, хр. Тавр, Аравийская котловина
CA	Карибская	3200000	Желоба Пуэрто-Рико и Центральноамериканский, Антильские о-ва, северные Анды
OK	Охотская	3048056	Курило-Камчатский желоб, п-ов Камчатка, о. Сахалин, Японская котловина
CO	Кокос	2900000	хр. Кокос, Восточно-Тихоокеанское поднятие, Центральноамериканский желоб
YA	Янцзы	2202021	хр. Циньлин, котловина Восточно-Китайского моря, о. Тайвань
CL	Каролинская	1700000	Западно-Каролинская и Восточно-Каролинская котловины
SC	Скоша	1600000	хр. Скоша, Южные Сандвичевы о-ва, Южные Оркнейские о-ва
ND	Северо-Андская	967688	Северные Анды
AP	Альтиплано	832100	Плато Альтиплано
BS	Море Банда	696123	о-ва Флорес, Танимбар, Серам, Сулавеси
NH	Новогбридская	643355	о-ва Новые Гебриды, Северо-Фиджийская котловина
AT	Анатолийская	575569	Понтийские горы, о. Кипр
BH	Птичья голова	525643	о-ва Амбон, Молуккские
BU	Бирманская	515496	Андаманские о-ва
KE	Кермандек	505349	Желоб Кермандек, Южно-Фиджийская котловина
WL	Вудларк	452987	горы Маоке, берег Миклухо-Маклая
MA	Марианская	420921	Марианский желоб, Марианские о-ва
MS	Молуккская	418080	о-ва Молуккские, Сулавеси, котловина Банда
NB	Северо-Бисмаркская	388043	Желоб Манус, арх. Бисмарка
AD	Адриатическая	370182	Альпы, Аппенины, Балканы
TI	Тиморская	353135	о-ва Тимор, Флорес
ON	Окинавская	325000	о-ва Рюкю, желоб Рюкю
AS	Эгейская	321996	о. Крит, Балканы
SB	Южно-Бисмаркская	309298	о-ва Новая Британия, Новая Ирландия, берег Миклухо-Маклая
PM	Панамская	273578	Центральноамериканский желоб, Мексиканское нагорье
TO	Тонга	253689	о-ва Тонга, желоб Тонга
JF	Хуан де Фука	250000	Береговые хребты, разлом Мендосина
BR	Рифа Балморал	195239	Северо-Фиджийская котловина, о-ва Фиджи

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
SW	Сандвичева	185362	Южные Сандвичевы о-ва, Южно-Сандвичев желоб
EA	Острова Пасхи	166825	Восточно-Тихоокеанское поднятие, о. Пасхи
CR	Рифа Конвей	144501	Северо- и Южно-Фиджийская котловины
SS	Соломонова моря	128671	о-ва Новая Британия, Бугенвиль
MO	Маоке	115276	горы Маоке
RI	Ривера	101069	о-ва Лас-Трес-Мариас, Ревилья-Хихедо
JZ	Хуан-Фернандез	97635	о-ва Хуан-Фернандез
SL	Шетландская	72251	Южные Шетландские о-ва, Шетландский желоб
NI	Ниуафооу	32066	Хребты Тонга и Колвилл-Лау
FT	Футуна	32066	о-ва Уоллис и Футуна
GP	Галапагос	14560	Разлом Клиппертон, Восточно-Тихоокеанское поднятие
MN	Манус	8118	о. Новая Ирландия, арх. Бисмарка

Примечание. \*Составлена по данным геологической службы США<sup>1</sup>.

Обратим внимание на некоторые территории земной поверхности, связанные с крупными землетрясениями. Так, например, Турция с серией катастрофических землетрясений находится между Евразийской и Аравийской плитами, как в ножницах (рисунок 2). По мере того, как эти плиты сходятся, Турция и Греция могут передвигаться только в сторону Средиземного моря, надвигаясь на его океаническое дно. Одной из границ Анатолийской (Турецкой) плиты является Северо-Анатолийский разлом, который проходит по северу Турции и служит причиной многих ужасающих по своим последствиям землетрясений.



Рисунок 2. – Расположение плит в районе Средиземного моря (стрелками показано направленное в разные стороны перемещение южной части Греции (Эгейская плита) и Турции)

К востоку от Турции, в районе Кавказа и Северного Ирана, Аравийская и Евразийская плиты с огромной силой давят друг на друга, вызывая утолщение земной коры, образование гор, а также оживление древних разломов на обширных территориях и землетрясения.

На востоке России огромная Евразийская плита (EU) (см. рисунок 1) граничит с еще более огромной Тихоокеанской плитой (PA). Последняя расширяется и давит на первую. На стыке этих взаимодействующих плит тянется цепочка землетрясений и действующих вулканов, известная как *Тихоокеанская сейсмофокальная зона*.

Геодезисты как представители одной из наук о Земле хорошо понимают, что наша планета – это не неизменное твердое тело, а сложный, постоянно меняющийся организм, развивающийся по не зависящим от человека законам. Гигантская энергия внутри Земли вызывает непрерывные процессы в ее недрах, которые находят осоздаемое для нас отражение в виде деформаций земной коры и земной поверхности (самого верхнего слоя земной коры). Происхождение этих деформаций можно объяснить, исходя из гипотез тектоники плит и расширения океанического

<sup>1</sup> USGS.gov. Science for changing world. URL: <https://www.usgs.gov/>.

дна, согласно которым громадные океанические плиты, расширяясь, давят на соизмеримые им по размеру материковые плиты, вызывая обоюдные деформации, обладающие свойством накапливаться, а также передаваться с краев в глубь плит в виде деформационных волн. Таким образом, земная кора, а вместе с ней и земная поверхность, на которой мы живем, строим дома, растим хлеб, эксплуатируем различные инженерные сооружения, находятся в состоянии непрерывного напряжения и деформирования. Деформационный процесс в земной коре, наблюдаемый в текущее геологическое время, получил название – *современные движения земной коры (СДЗК)*.

По масштабам распространения и скорости движения СДЗК делятся на медленные, средние (или предвестниковые) и быстрые (или сейсмические). Землетрясения, в сущности, представляющие разрыв земной коры, относятся к наиболее экстремальным проявлениям СДЗК сейсмического класса. Детальные исследования каждого вида движений на всей земной поверхности представляются важными и необходимыми. Все они тесно связаны друг с другом, так как медленные СДЗК на некоторых участках земной коры могут перерасти в средние, а затем и в быстрые. Все виды СДЗК довольно просто фиксируются с помощью геодезии, потому что любое деформирование земной коры, в которой закреплены центры геодезических пунктов, непременно проявится в изменении взаимного положения этих центров, а также в изменении локального гравитационного поля, сопровождающего деформации.

Остановимся на крупнейших землетрясениях в мире за последние 100 лет, делая акцент на приуроченность их к стыкам тектонических плит.

**Крупнейшие землетрясения в современной истории.** Землетрясения как экстремальные проявления СДЗК принято классифицировать по магнитуде (энергии землетрясения) и по количеству жертв, что относится, прежде всего, к крупнейшим из них. Пять сильнейших землетрясений в истории человечества по магнитуде произошли уже в наше время, начиная со второй половины XX века. Это Чили (22.05.1962 г.,  $M=9,5$ ), Суматра, Индонезия (26.12.2004 г.,  $M=9,3$ ), Аляска, США (27.03.1964 г.,  $M=9,2$ ), Сендай, Япония (11.03.2011 г.,  $M=9,1$ ), Камчатка и Курилы, Россия (04.11.1952 г.,  $M=9,0$ ). Однако из перечисленных в список наиболее смертоносных землетрясений попадает только Индонезийское землетрясение на Суматре, произошедшее в Индийском океане в 2004 г. с числом жертв 297 200 человек. По количеству жертв на первом месте стоит землетрясение в Китае магнитудой 8,0, произошедшее 23.01.1556 г. и унесшее около миллиона человеческих жизней. Очаги всех перечисленных землетрясений приурочены к стыкам тектонических плит.

На рисунке 3 показаны сильнейшие по магнитуде землетрясения за последнее столетие (взяты из работы Шестакова Н.В., Герасименко М.Д.<sup>2</sup> с добавлением нами информации о землетрясении 06.02.2023 г. на территории Центральной Турции с многочисленными жертвами, катастрофическими разрушениями не только в Турции, но и в соседних странах, прежде всего, в Сирии).

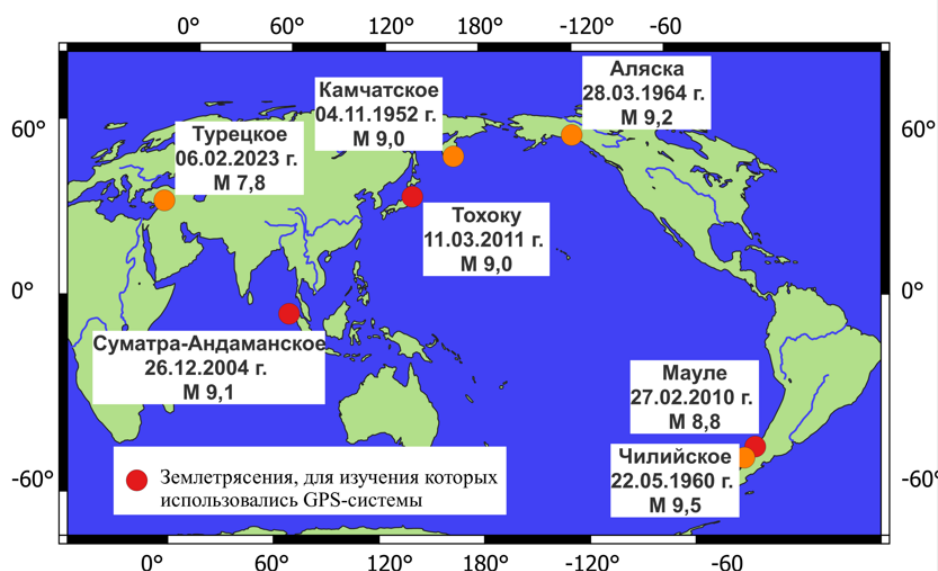


Рисунок 3. – Крупнейшие по магнитуде и числу жертв землетрясения за последние 100 лет

Приведем здесь геодезические данные по некоторым из крупнейших землетрясений, найденные нами в научной литературе.

*Землетрясение Суматра-Андаманское.* Крупнейшее подводное землетрясение, известное в научном мире как Суматра-Андаманское, произошло у западного побережья северной Суматры, Индонезия, 26.12.2004 г. ( $M=9,1$ , число жертв с учетом вызванного землетрясением цунами составило 227 898 человек).

<sup>2</sup> Шестаков Н.В., Герасименко М.Д. Комбинирование косейсмических смещений земной коры по данным разнородных геодезических сетей // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России: науч.-техн. конф., Петропавловск-Камчатский, 30 сент. 2013 г.: тез. докл. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – С. 24.

Индонезия характеризуется чрезвычайно сложным геолого-тектоническим строением, так как расположена на границе 6 тектонических плит: Евразийская (EU), Австралийская (AU), Тихоокеанская (PA), Филиппинская (PS), Бирманская (BU) и Индийская (IN), что обуславливает высокий уровень сейсмичности здесь. Землетрясение 2004 г. было вызвано разрывом земной коры вдоль разлома между Бирманской и Индийской плитами. Наличие в Индонезии нескольких пунктов IGS сети дало возможность определить косейсмические смещения на них, а также проследить радиус их площадного распространения по данным пунктов IGS сети, расположенных на других тектонических плитах (рисунок 4). Представленная на рисунке 4 информация свидетельствует<sup>3</sup>, что деформации от этого землетрясения охватывают территории в несколько тысяч километров. Они исчисляются метрами в близрасположенной к эпицентру зоне, а по мере удаления довольно быстро убывают, но присутствуют и остаются измеримыми даже на расстоянии 2500–3000 километров.

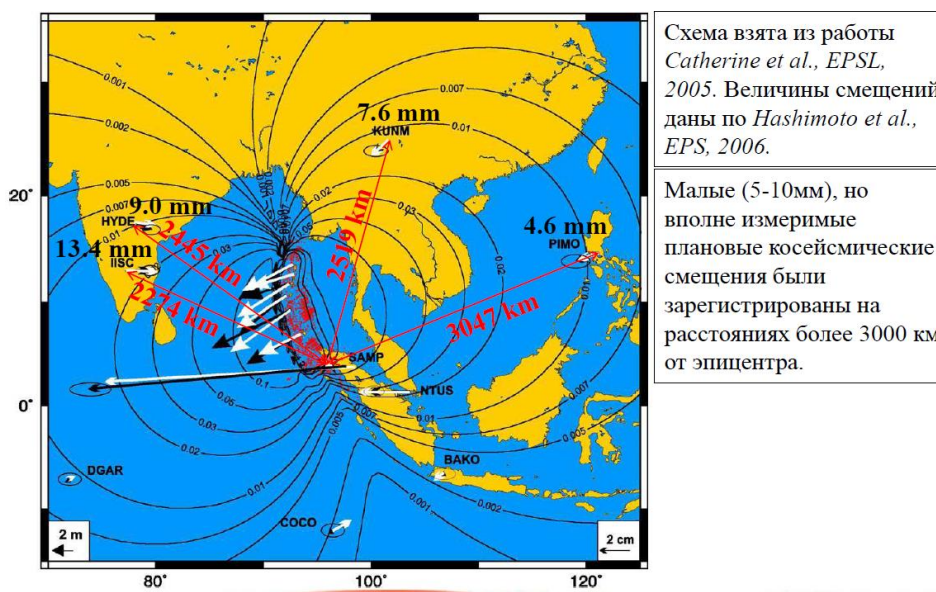


Схема взята из работы Catherine et al., EPSL, 2005. Величины смещений даны по Hashimoto et al., EPS, 2006.

Малые (5-10мм), но вполне измеримые плановые косейсмические смещения были зарегистрированы на расстояниях более 3000 км от эпицентра.

Рисунок 4. – Распространение косейсмических (наблюдаемых во время землетрясения) деформаций земной поверхности, вызванных землетрясением Суматра-Андаманское, 26.12.2004 г.

*Землетрясение Тохоку, или Великое восточно-японское землетрясение.* Землетрясение у восточного побережья острова Хонсю в Японии магнитудой  $M=9,0-9,1$ , имевшее большие разрушительные последствия в регионе Тохоку, произошло 11.03.2011 г. Гипоцентр самого разрушительного подземного толчка находился в Тихом океане на глубине 32 км. Землетрясение вызвало цунами с высотой волн до 40,5 м. Число погибших составило 19 747 человек, пропавших без вести – 2556 человек. Число жертв могло быть значительно больше, если бы не хорошо организованные в Японии службы оповещения и спасения во время чрезвычайных ситуаций, связанных с крупными сейсмическими событиями.

Землетрясение произошло в Японском желобе на стыке двух тектонических плит: Охотской (континентальной) и Тихоокеанской (океанической). Здесь более тяжелая Тихоокеанская плита погружается под материковую Охотскую плиту, образуя желоб, что характерно для Дальневосточного региона, отличающегося высокой сейсмичностью.

Вся территория Японии покрыта плотной спутниковой сетью GPS пунктов, находящейся в ведомственной подчиненности Управления геопространственной информации Японии (GSI). Данные GPS наблюдений оперативно обрабатывались GSI, в результате чего были установлены косейсмические горизонтальные и вертикальные смещения в ближайших к эпицентральной зоне до 440 см и -72 см соответственно [3]. Почти во всех остальных районах Японии наблюдаются значительные деформации земной коры в диапазоне от нескольких сантиметров до нескольких дециметров (GSI, 2011).

В уже упомянутой нами интернациональной публикации [3], написанной группой ученых из России, Японии, Южной Кореи, обработаны и проанализированы дополнительно к Японской спутниковой сети данные еще нескольких постоянных GPS сетей Российского Дальнего Востока и Южной Кореи (массив станций OXT, VLAG, ZEYA, CHMN, KULD, VANB, GEO0 и GRNC, расположенных на материке, KUNA на острове Кунашир, UGLG и ОКНВ на острове Сахалин). Результаты этой совместной работы представлены на рисунке 5, из которого следует, что максимальные косейсмические деформации порядка нескольких метров наблюдаются в эпицентральной зоне землетрясения, уменьшаясь по мере удаления от эпицентра, но, как и в случае с Суматра-Андаманским землетрясением 2004 года в Индонезии, вполне измеримые горизонтальные косейсмические смещения присутствуют и на расстоянии нескольких тысяч километров от эпицентра.

<sup>3</sup> См. сноску 2.

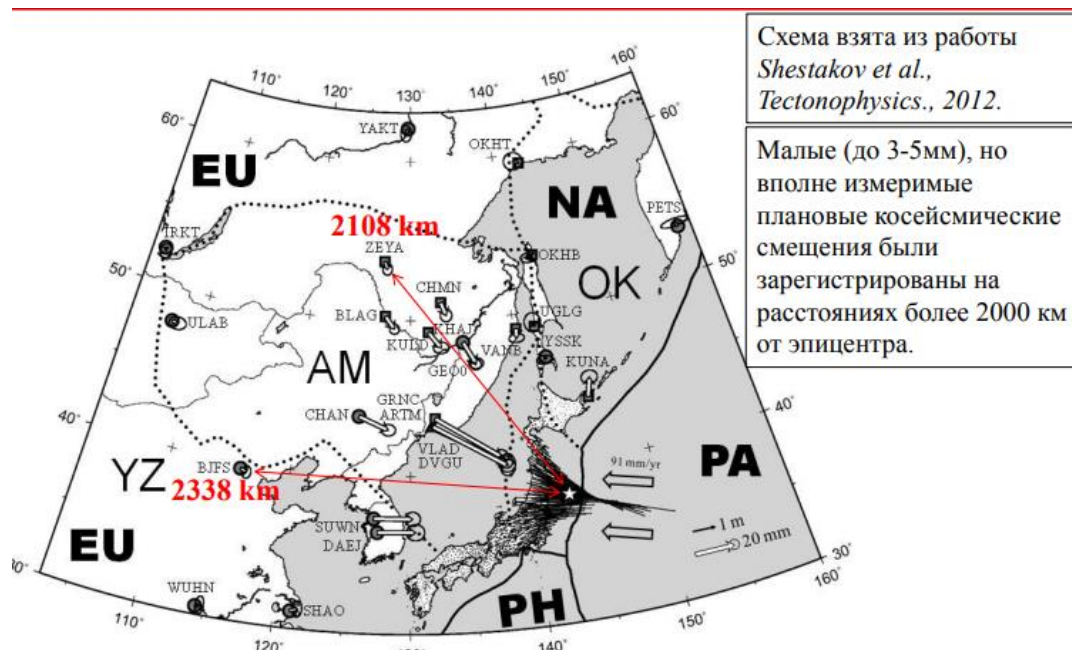


Рисунок 5. – Распространение полей косейсмических смещений, инициированных землетрясением Тохоку, 11.03.2011 г.

Аналогичные заключения по распространению косейсмических смещений на большие расстояния от эпицентров крупных землетрясений сделаны в работе [4] на примере Охотоморского землетрясения, произошедшего 24.05.2013 г. вблизи Камчатки магнитудой  $M=8,3$ .

Результаты IGS сети в комплексе с региональными спутниковыми постояннодействующими сетями, предназначенными для геодинамических исследований, позволяют сделать вывод, что сильнейшие землетрясения вызывают деформации земной коры, охватывающие громадные территории Земли площадью в сотни тысяч и миллионы кв. км.

*Землетрясение в Турции и Сирии (2023 г.).* Последние из крупнейших землетрясений произошли совсем недавно в Турции и Сирии 06.02.2023 г. Эти два мощных землетрясения с интервалом в девять часов наблюдались на юго-востоке Турции: эпицентр первого с магнитудой  $M=7,8$  приходится на район Шехиткамил в Газиантепе (Турция), второго с магнитудой  $M=7,5$  – на район Экинезу в Кахраманмараше (Турция). После землетрясения были зарегистрированы несколько тысяч афтершоков с магнитудой до 6,7. Число жертв от сейсмической катастрофы составило свыше 50 500 человек в Турции и 8476 – в Сирии.

Попробуем пояснить причину землетрясения с точки зрения гипотезы тектоники плит. Как показано на рисунке 2, Турция зажата между Евразийской, Аравийской, Эгейской и Африканской тектоническими плитами. Она расположена на Анатолийской плите, Сирия – на Аравийской. В связи с этим Турция является одним из самых сейсмоопасных регионов мира. Эпицентр Турецкого землетрясения 2023 г. расположен на пересечении трех тектонических плит: Анатолийской, Аравийской и Африканской. Взаимодействие плит вызывает давление на зоны разломов между ними, прежде всего, Анатолийскую зону, смещая их вследствие выброса накопленной энергии и приводя к землетрясениям. Гипоцентр Турецкого землетрясения располагался сравнительно неглубоко от поверхности Земли (по разным оценкам 5–10 км), что также привело к увеличению разрушений на поверхности Земли.

К сожалению, нам не удалось найти каких-либо достоверных научных данных о количественных характеристиках смещений земной коры в районе землетрясения, хотя в Турции есть несколько пунктов IGS сети. Похоже, в стране отсутствует оперативная служба по управлению и обработке геопространственной информации, подобная GSI в Японии. В СМИ мелькает цифра о смещении Анатолийской плиты на 3 метра, что опроверг директор Института Земной коры РАН, член-корреспондент Дмитрий Петрович Гладкочуб, относя эту цифру не к плите в целом, а к относительно небольшому смещению крыльев разломов, которое к тому же произошло не на всем его протяжении, а на достаточно локальном участке.

Тем не менее, близрасположенные к Турции территории (Грузия, Греция, Италия, Крымский полуостров, Армения), зная о распространении деформаций земной коры от крупных землетрясений на большие расстояния, выражают понятную обеспокоенность в связи с сейсмическими событиями в Турции и Сирии. Анализ наблюдений ученых Института Физики Земли РАН показывает, что в направлении Кавказа идет миграция сейсмичности со стороны Анатолийской плиты.

Обеспокоена и общественность Беларуси. За разъяснением обратились к специалистам центра геофизического мониторинга НАН РБ. Сотрудники этого Центра, сейсмолог, доктор физико-математических наук Аронов Аркадий Гесселевич и кандидат геолого-минералогических наук Аронова Татьяна Ивановна, считают, что землетрясения в нашей стране наблюдаются, в основном, техногенного характера (район разработки Старобинского месторождения калийных солей) или как отголоски от землетрясений, происходящих в зоне Вранча, и что опасности от землетрясения в Турции для Беларуси не существует.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Теркот Д.Л., Шуберт Дж. Геодинамика. Геологические приложения физики сплошных сред: в 2 ч. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – Ч. 1. – 376 с.
2. Татевян С.К. Глобальная геодезическая система GGOS и ее научное значение // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Т. 1, вып. 6. – С. 58–67.
3. Analysis of the far-field crustal displacements caused by the 2011 Great Tohoku earthquake inferred from continuous GPS observations / N.V. Shestakov, H. Takahashi, M. Ohzono et al. // Tectonophysics. – 2012. – Vol. 524–525. – P. 76–86. DOI: 10.1016/j.tecto.2011.12.019.
4. Present tectonics of the southeast of Russia as seen from GPS observations / N.V. Shestakov, M.D. Gerasimenko, H. Takahashi et al. // Geophys. J. Int. – 2010. – № 184 (2). – P. 529–540. DOI:10.1111/j.1365-246X.2010.04871.x.

## REFERENCES

1. Terkot, D.L. & Shubert, Dzh. (1985). *Geodinamika. Geologicheskie prilozheniya fiziki sploshnykh sred*: v 2 ch. Ch. 1. [Geodynamics. Applications of Continuum Physics to Geological Problems (in 2 vol., Vol. 1)]. Moscow: Mir. (In Russ.).
2. Tatevyan, S.K. (2009). Global'naya geodezicheskaya sistema GGOS i ee nauchnoe znachenie. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 1(6), 58–67. (In Russ.).
3. Shestakov, N.V., Takahashi, H., Ohzono, M., Prytkov, A.S., Bykov, V.G., Gerasimenko, M.D. ... Serov, M.A. (2012). Analysis of the far-field crustal displacements caused by the 2011 Great Tohoku earthquake inferred from continuous GPS observations. *Tectonophysics*, 524–525, 76–86. DOI: 10.1016/j.tecto.2011.12.019.
4. Shestakov, N.V., Gerasimenko, M.D., Takahashi, H., Kasahara, M., Bormotov, V.A., Bykov, V.G. ... Kato, T. (2010). Present tectonics of the southeast of Russia as seen from GPS observations. *Geophys. J. Int.*, 184(2), 529–540. DOI:10.1111/j.1365-246X.2010.04871.x.

Поступила 17.05.2023

**PLATE TECTONICS, LARGEST EARTHQUAKES  
AND RESULTS OF GEODETIC MEASUREMENTS**

**G. SHAROGLAZOVA**  
(*Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk*)

*The article presents the hypothesis of lithospheric plate tectonics and its significance in the location of earthquake and volcanic eruptions on Earth. Information is given on the largest earthquakes in terms of energy and the number of victims of earthquakes on our planet with reference to plate tectonics, including earthquakes in Turkey and Syria on February 6, 2023. An increase in the role of geodesy in the study of geodynamic phenomena in recent decades is shown in connection with the introduction of satellite measuring instruments, which make it possible to determine distances of hundreds and thousands of kilometers with an accuracy of the order of  $10^{-8}$ – $10^{-9}$  parameters of the Earth, as well as to determine the propagation of deformations from strong earthquakes on the earth's surface. It is concluded that the strongest earthquakes provoke deformations of the earth's crust, covering vast territories of the Earth with an area of hundreds of thousands and millions of square km.*

**Keywords:** plate tectonics, the largest earthquakes in the world, deformations of the earth's crust, methods of space geodesy.