

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 551.2/3

ПРОЯВЛЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕКТониКИ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕКТониЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

*канд. техн. наук, доц. Г.А. ШАРОГЛАЗОВА, д-р физ.-мат. наук, доц. В.Н. КОРОВКИН
(Полоцкий государственный университет)*

На основании экспериментальных данных тектонически-активного восточного побережья Камчатки, расположенного на стыке Тихоокеанской и Евразийской тектонических плит, и территории Беларуси, входящей в относительно устойчивую Восточно-Европейскую платформу, осуществлена попытка найти признаки закономерности в распределении деформаций земной коры в соответствии с глобальной тектоникой Земли. Затронута концепция деформационных тектонических волн Земли, развиваемая на основе открытия Рихтером миграции очагов сильных землетрясений вдоль глубинных разломов и глобальной тектоники плит. Приведены экспериментальные данные волнового характера проявления вертикальных деформаций земной коры в пространстве с периодом порядка 5–6 км в условиях Беларуси, на Полоцком тектоническом разломе.

Ключевые слова: *глобальная тектоника Земли, деформации земной коры, тектонические структуры, деформационные волны.*

Введение. Научные открытия XX – начала XXI веков, а также созданные на основе их изобретения, свершения, технологии, круто изменившие ход развития цивилизации (полет человека в космос, космические и информационные технологии), расширили границы познания широчайшего круга ученых и инженеров, а не единичных прорицателей, о законах развития Земли, Солнечной Системы, Вселенной. Для многих стало очевидным, что земные процессы нашей 3-й по удаленности от Солнца планеты не могут рассматриваться вне законов функционирования Солнечной Системы: Земля, как и другие планеты, совершает вращение вокруг Солнца по эллиптической орбите, вращается с определенной скоростью вокруг своей оси, имеет свой энергетический запас и не может не взаимодействовать с планетами через гравитацию и корпускулярные воздействия от Солнца в виде космических лучей во время солнечных вспышек. Труды В.И. Вернадского, пришедшего к пониманию космической роли жизни от цикла геологических наук, А.Л. Чижевского – о влиянии солнечной активности на органическую жизнь Земли, К.Э. Циолковского, глубоко убежденного в существовании иных разумных цивилизаций во Вселенной, вошли в массовое сознание ученых многих направлений, включая и науки о Земле. В науках о Земле также созрело понимание необходимости многодисциплинарного подхода к решению геодинамических проблем, в том числе при тесном взаимодействии с фундаментальными науками.

Жизнь Солнечной Системы, прежде всего движение ее планет и спутников, носит периодический характер: суточное вращение Земли вокруг своей оси; годичный оборот Земли вокруг Солнца; периодическое проявление солнечной активности и связанное с ней явление переполусовки магнитного поля Солнца в среднем через каждые 11 лет и т.д. В зависимости от расположения планет Солнечной Системы, главным образом Луны и Солнца, относительно Земли меняется гравитационное поле нашей планеты, что проявляется в морских, атмосферных и литосферных приливах. Периодически, 2 раза в сутки в результате морских приливов уровень гидросферы Земли колеблется на 1–3 м, а литосферы – до 50 см, что может быть одной из причин землетрясений и извержений вулканов.

Наиболее полный перечень связи земных процессов с космосом и закономерностях их развития, на наш взгляд, приведен в работе В.Е. Хаина [20]. В ней указывается на наличие циклической повторяемости событий, характерных для геологических и геодинамических процессов и дополнительно к выше упомянутым приводятся следующие циклы: орбитальные циклы Миланковича и циклы трансгрессий и регрессий Вейля; тектонические циклы Штиле, Бертрана, Вилсона; циклы Гончарова [21] продолжительностью 800–900 млн лет с попеременным северным и южным дрейфом континентов и образованием суперконтинентов поочередно в северном и южном полушариях [2]. При этом циклы Чижевского и Бертрана твердо имеют космическую природу, а для всех остальных циклов такая связь предположительна, то есть считается вполне вероятным существование некоторого универсального космического механизма их происхождения [10].

Изложенные закономерности развития земных процессов, связь их с космосом, а также тот факт, что структура нашей планеты, хотя и формируется вплоть до настоящего времени, основное свое развитие получила в самый ранний период истории Земли, то есть несколько миллиардов лет назад, приводят к выводу: Земля как составная часть Солнечной Системы сформирована давно и не может существовать вне ее законов и жизненных циклов, которые подчиняются определенным периодичностям. В то же время наша планета сама представляет собой сложную систему, состоящую из оболочек (геосфер), ведущих себя в какой-то степени автономно, но одновременно активно взаимодействуя друг с другом, что свидетельствует о единстве системы Земли.

Тектонические процессы, происходящие в земной коре, в настоящее время объясняются с точки зрения тектоники плит, все еще бурно обсуждаемой и находящей среди научных авторитетов как сторонников [20; 18; 16], так и ярых противников [6]. Нам представляется весьма убедительной предложенная В.П. Трубицыным теория мантийной конвекции с континентами, плавающими среди океанических плит, которая основана на экспериментальных данных сейсмической томографии, тепловых и гравитационных полей, рельефа дна океана, ГНСС измерений движения континентов и математических расчетах. Эта теория не только подтверждает тектонику плит, но и обобщает ее, объясняя, в частности, возникновение и распад суперконтинентов (циклы Вилсона).

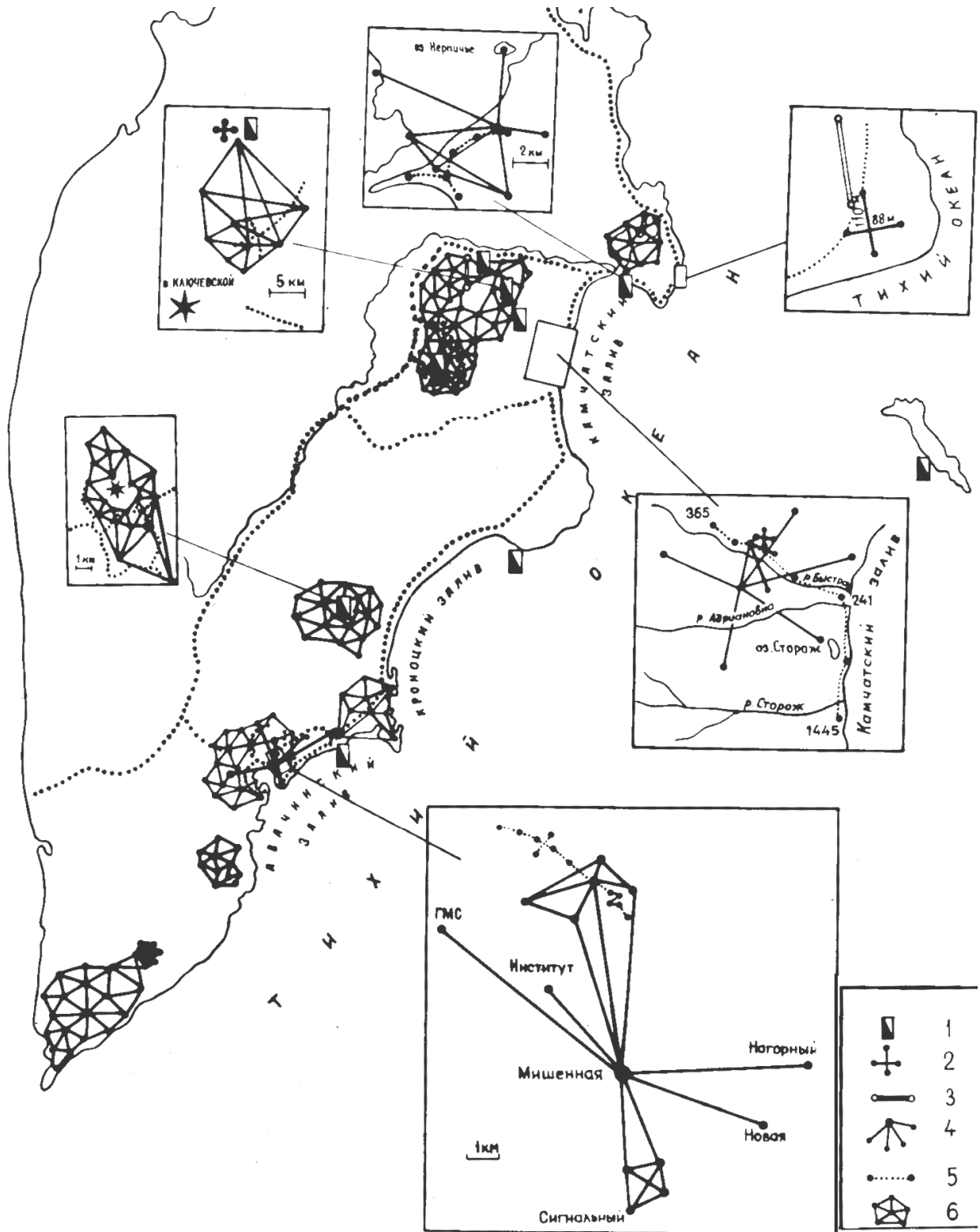
Авторы предлагаемой статьи на основании экспериментальных данных тектонически-активного восточного побережья Камчатки, расположенного на стыке Тихоокеанской и Евразийской тектонических плит, и территории Беларуси, входящей в относительно устойчивую Восточно-Европейскую платформу, осуществили попытку найти признаки закономерности в распределении деформаций земной коры в соответствии с глобальной тектоникой Земли. В работе также затронута концепция деформационных тектонических волн Земли, которая развивалась [3] на основе открытия Рихтером миграции очагов сильных землетрясений вдоль глубинных разломов [28; 29] и глобальной тектоники плит. В условиях Беларуси, на Полоцком геодинамическом профиле мы обнаружили волновой характер проявления вертикальных деформаций земной коры в пространстве с периодом порядка 5–6 км.

Глобальная тектоника и деформации земной коры на восточном побережье полуострова Камчатка. Полуостров Камчатка находится в зоне действия трех крупных литосферных плит: Евразийской, Североамериканской и Тихоокеанской [17]. Параллельно восточному побережью Камчатки простирается зона субдукции с подвигом Тихоокеанской плиты под Евразийскую и тянется Тихоокеанская сейсмофокальная зона, к которой приурочено большое число эпицентров землетрясений. Расположение полуострова на стыке Тихоокеанской и Евразийской плит, а также принадлежность составляющих его элементов к цепи островных дуг и других тектонических структур Тихоокеанского подвижного пояса обусловили высокую тектоническую, сейсмическую и вулканическую активность региона, проявляемую на поверхности в виде современных движений земной коры.

С целью усиления здесь комплексности геодинамических исследований в 70-е годы прошлого столетия была разработана программа геодезических работ по изучению современных движений земной коры (СДЗК) на Камчатке [19], которая осуществлялась силами Института вулканологии АН СССР и ПО «Дальаэрогеодезия» ГУГК СССР. Для изучения горизонтальной компоненты движений были созданы 8 геодинамических полигонов (ГДП), приуроченные к местам возможных сильных землетрясений и активным вулканам. Вертикальную компоненту изучали посредством линий повторного нивелирования (рисунок 1). Схемы геодезических построений на ГДП представляют собой площадные сети в виде треугольников со сторонами порядка 10 км, покрывающие территории 2,5–3,0 тыс. км². Геодезические работы на ГДП (ПО «Дальаэрогеодезия»), а также деформационных площадках (Институт вулканологии ДВО АН СССР) выполнялись наземными методами. После появления спутниковых средств измерений горизонтальную составляющую СДЗК на ГДП во всем мире, включая и Камчатский регион, стали определять с применением технологий ГНСС-наблюдений.

Основные результаты геодезических исследований прошлых лет на полуострове Камчатка изложены в [30; 27; 31; 24; 8; 14], современного периода – в [15]. Наиболее интересные данные по теме настоящей статьи получены, на наш взгляд, в работах [15; 8; 14] (рисунки 2–5).

Проанализируем результаты повторных геодезических измерений с позиции тектоники плит, в соответствии с которой вблизи и непосредственно под восточным побережьем Камчатки проходит зона субдукции с характерным погружением океанической плиты под континентальную. В [1] представлено деление этой зоны на 10 сегментов, которыми мы воспользуемся при описании проявлений деформаций на восточном побережье Камчатки. В работе [8] дана карта СВДЗК полуострова Камчатка (см. рисунок 2), а также две очень важные, на наш взгляд, схемы, демонстрирующие наличие унаследованных движений в современных движениях земной коры полуострова от позднплейстоцен-голоценовой тектоники (см. рисунок 3) и голоценовых движений (см. рисунок 4).



1 – геофизические наклономеры; 2 – нивелирные линии по типу наклономеров; 3 – государственное нивелирование; 4 – линии светодальномерных режимных наблюдений; 5 – линия высокоточного повторного нивелирования; 6 – геодинамические полигоны (в направлении с севера на юг: Усть-Камчатский, Ключевской, Толбачинский, Карымский, Шипунский, Петропавловск-Камчатский, Гореловский, Паужетский).
 На врезках даны геодезические построения на деформационных площадках Института вулканологии ДВНЦ СССР.

Рисунок 1. – Схема геодезических построений по изучению СДЗК на полуострове Камчатка, развитых в соответствии с программой [19]

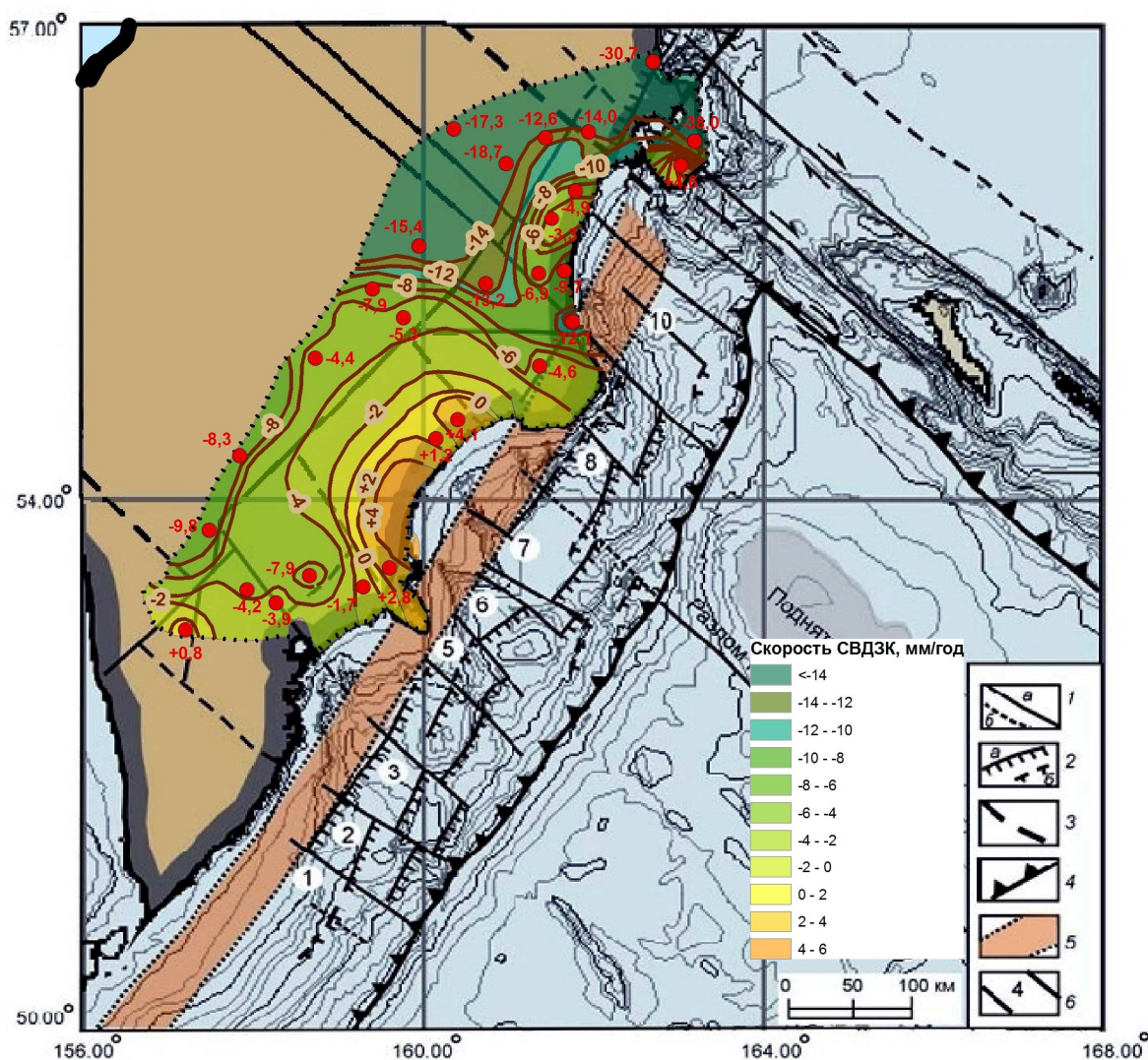
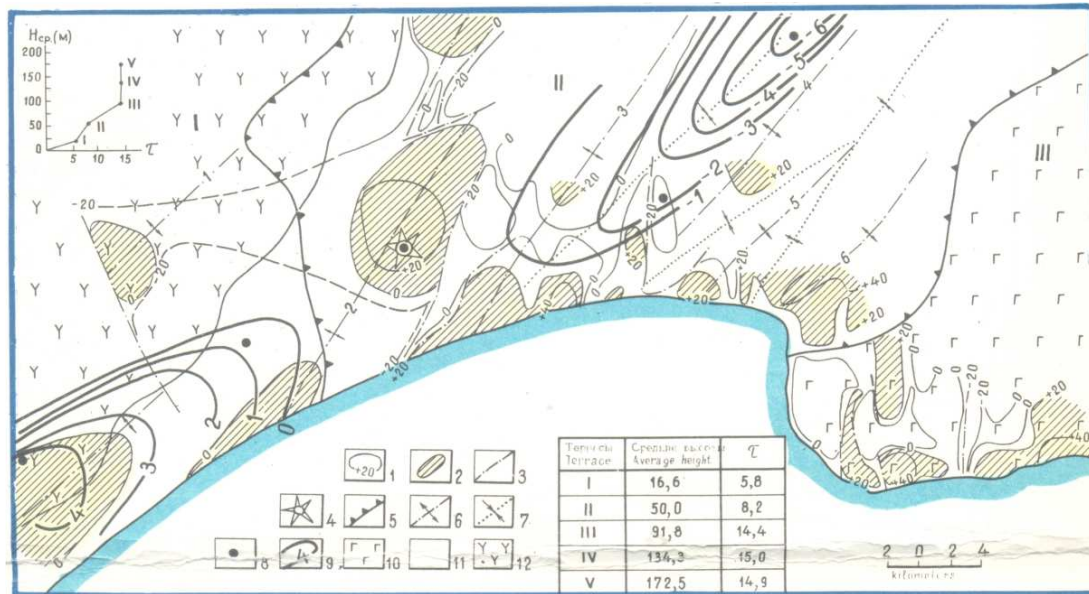


Рисунок 2. – Карта скоростей СВДЗК Камчатки [8] и сеймотектонического районирования субдукционной системы Камчатско-Алеутского сочленения [1]

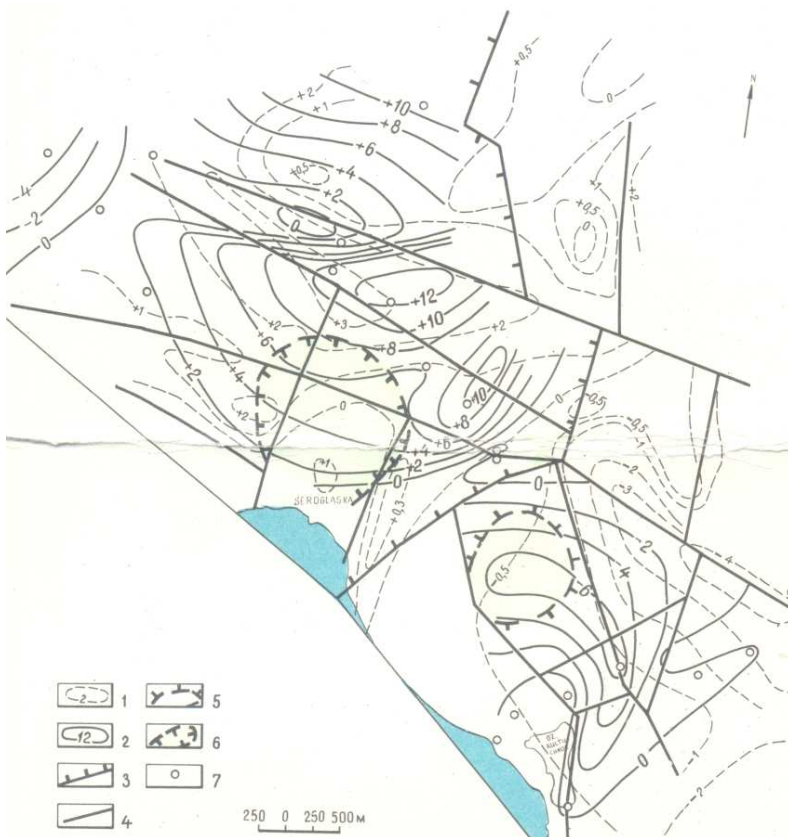
Согласно карте СВДЗК (см. рисунок 2) в Северо-Авачинском и Южно-Шипунском сегментах земная кора поднимается со скоростью 2–3 мм/год, Северо-Шипунском – 3–4 мм/год. Максимальный подъем наблюдается в Южно-Кроноцком сегменте (5–6 мм/год), а в Северо-Кроноцком – опускания со скоростью до 10 мм/год (линия повторного нивелирования идет несколько западнее Кроноцкого полуострова). В Усть-Камчатском сегменте замечены резкие контрастные движения с опусканиями и поднятиями. Таким образом, характер распределения скоростей СВДЗК на восточном побережье полуострова Камчатка подтверждает субдукционное взаимодействие в этом районе Тихоокеанской и континентальной тектонических плит. При этом субдукция наиболее целостно проявляется на территории, начиная от Северо-Авачинского сегмента и заканчиваясь в Южно-Кроноцком.

Интересные данные в плане унаследованности СВДЗК на восточном побережье Камчатки демонстрируют рисунки 3–4. Так на рисунке 3 осевые линии зон поднятия 1 (Богачевская) и 2 (Столбовская) согласуются с положительными скоростями СВДЗК от 0 до 4 мм/год, а осевая линия отрицательного опускания, проходящая в 4–6 км от Ольгинской (3) оси поднятия, – с отрицательными скоростями СВДЗК от –1 до –6 мм/год.



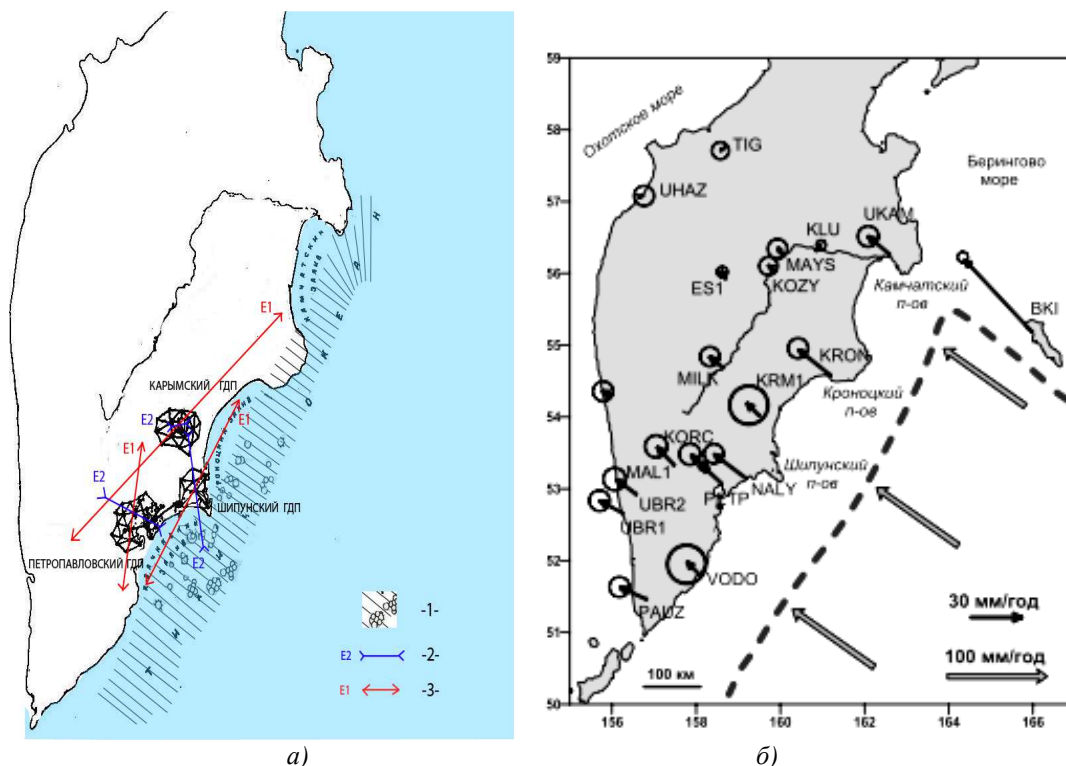
1 – равные амплитуды поднятий и опусканий, в метрах; 2 – участки проявления замедленных и интенсивных восходящих движений на локальных структурах; 3 – разрывные нарушения; 4 – абразионный останец (экструзия г. Круглая); 5 – границы структур с разным типом движений: I – Восточный вулканический пояс, II – Тюшевское опускание, III – Поднятие Кроноцкого полуострова; 6 – осевые линии зон поднятия: 1 – Богачевская, 2 – Столбовская, 3 – Ольгинская, 4 – Конусная, 5 – Волчинская, 6 – Бородавкинская; 7 – осевые линии зон опускания; 8 – геодезические пункты; 9 – изолинии скоростей современных вертикальных движений, в мм/год; 10 – палеогеновые лавы; 11 – плиоцен-миоценовые вулканогенно-осадочные образования, местами перекрытые рыхлыми осадками; 12 – четвертичные вулканические покровы и подножия стратовулканов.

Рисунок 3 – Влияние позднеплейстоцен-голоценового структурного плана побережья бухты Ольга на характер современных движений [8].



1 – изолинии скоростей голоценовых движений, в мм/год;
 2 – изолинии скоростей современных движений в мм/год за период 1972 – 85 гг.;
 3 – граница наложенного грабена, активизированного в голоцене;
 4 – разломы глубокого заложения;
 5 – экструзивный купол;
 6 – опускание просадочного типа;
 7 – нивелирные пункты.

Рисунок 4. – Влияние голоценовых движений на характер скоростей современных вертикальных движений на юго-восточном фланге Маленно-Петропавловской поперечной складчато-блоковой зоны [8]



а): -1- – сейсмофокальная зона (стык океанической Тихоокеанской и континентальной Евразийской плит); -2-, -3- – направления минимального E_2 и максимального E_1 растяжений.
б): скорости GPS пунктов сети KAMNET относительно Северной Америки: черные стрелки – скорости пунктов, кружки – ошибки измерения скорости, серые стрелки – направления сближения плит, пунктир – фокальная зона.

Рисунок 5 – Проявление современных горизонтальных деформаций земной коры на восточном побережье Камчатки: а) – по данным наземных геодезических измерений [14]; б) – по данным GPS наблюдений [15]

Согласованность по знакам скоростей голоценовых движений (пунктирные изолинии) и СВДЗК (сплошные изолинии) на рисунке 4 уверенно проявляется для территории юго-восточного фланга Малейно-Петропавловской поперечной складчато-блоковой зоны. Факт присутствия в скоростях СВДЗК унаследованных позднеплейстоценовых и голоценовых движений свидетельствует об их связи с глобальными закономерными тектоническими процессами в системе Земли в частности и в Солнечной системе в целом.

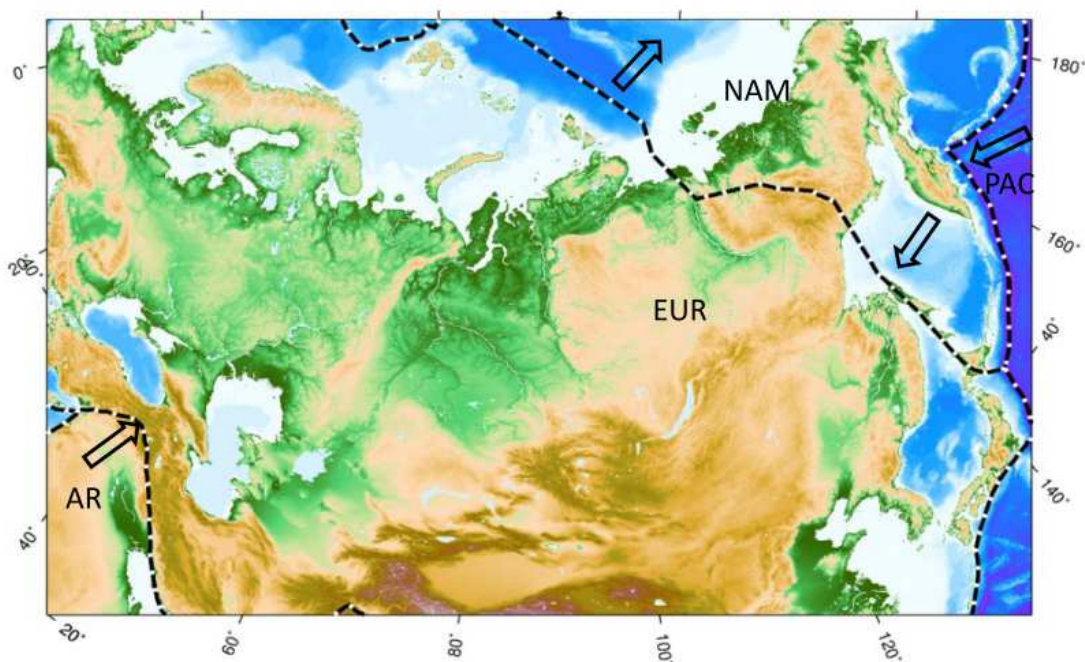
На рисунке 5, а) представлены результирующие направления максимального и минимального растяжений на трех Камчатских ГДП (Карымском, Шипунском и Петропавловск-Камчатском), которые получены по результатам повторных линейно-угловых измерений 1974 – 1981 гг. в соответствии с методикой дифференциального описания деформаций, используемой в теории упругости. Указанные полигоны, представляющие собой плановые линейно-угловые сплошные сети, построены в виде системы треугольников. Каждый из ГДП занимает территорию порядка 3 тыс. км²; средний из полигонов (Шипунский) находится на расстоянии примерно 100 км от северного Карымского ГДП и юго-западного Петропавловского. На выбранных полигонах для каждого треугольника геодезической сети, принятого за конечный элемент, по разностям координат его вершин между сравниваемыми эпохами геодезических измерений были вычислены максимальное E_1 и минимальное E_2 растяжения и их направления φ_{E1} и φ_{E2} по известной методике определения компонентов деформации [7; 22].

Выбор именно этих компонентов деформации обусловлен следующим. Согласно теории деформации любой участок поверхности, находящийся в состоянии однородного деформирования, характеризуется двумя взаимно перпендикулярными направлениями: максимального φ_{E1} и минимального φ_{E2} растяжений. Если предположить, что деформации земной коры на восточном побережье Камчатки в определенной степени обусловлены расположением полуострова на стыке двух тектонических плит (континентальной Евразийской и океанической Тихоокеанской), а также наличием здесь зоны субдукции, то можно ожидать, что «поднырывающая» под континентальную и постоянно расширяющаяся океаническая плита вызовет минимальное растяжение исследуемой территории в направлении движения Тихоокеанской плиты (примерно перпендикулярно береговой линии полуострова), а максимальное растяжение, сопровождаемое подъемом (подтверждается картой скоростей СВДЗК, см. рисунок 2), соответственно, вдоль нее. Результирующие значения E_1 и E_2 и их направления φ_{E1} и φ_{E2} для каждого из трех полигонов определены по правилу сложения векторов на плоскости по всем тре-

угольникам сети ГДП и показаны на рисунке 5, а). Хорошая согласованность направлений экстремальных растяжений наблюдается на Карымском и Шипунском полигонах, на Петропавловском – несколько меньше, но в целом можно сделать вывод, что закономерность в направлениях осей экстремальных напряжений на исследуемых территориях восточного побережья Камчатки наблюдается и согласуется с его расположением на стыке двух плит и наличием зоны субдукции.

На рисунке 5, б) дано распределение векторов горизонтальных смещений пунктов сети KAMNET в мм/год, которое также подтверждает обусловленность проявления движения земной коры на полуострове Камчатка глобальными тектоническими процессами. Сильные землетрясения этого региона с магнитудами 7–8 (24.11.1971 и 15.12.1971 ($M = 7.3$ и $M = 7.8$), 17.08.1983 ($M_w = 7.8$), 2.03.1992 ($M_w = 7.0$), 5.12.1997 ($M_w = 6.8$)) сами являются закономерным следствием этих процессов и вносят только коррективы в проявление деформаций от них на земной поверхности. Анализ деформаций земной коры, сопровождающих эти землетрясения, дан в работе [Левин, 2009], где приведены также данные светодальномерного мониторинга СДЗК района Авачинского залива и сделан вывод, что характер их проявления связан как с землетрясениями, так и с субдукционным взаимодействием Тихоокеанской и Евразийской тектонических плит.

Глобальная тектоника и деформации земной коры на территории Беларуси. Территория Беларуси расположена на западе Восточно-Европейской платформы (ВЕП), входящей в Евразийскую тектоническую плиту. В соответствии с глобальной тектоникой максимальное влияние на нее будет оказывать совокупное давление Аравийской и Африканской тектонических плит (рисунок 6), которые являются движущимися на север осколками Гондваны. Поэтому логично предположить, что Беларусь в целом будет испытывать сжатие в субмеридиональном направлении.



Стрелки – направления движения литосферных плит: EUR - Евразийская; NAM - Северо-Американская; PAC - Тихоокеанская; AR - Аравийская плита.

Рисунок 6 – Движение смежных литосферных плит относительно Евразийской плиты по данным ГНСС наблюдений [4]

Попытаемся сопоставить это предположение с результатами геодинимических исследований Белорусского участка ВЕП различных наук о Земле. В работе [5] представлена космогенетическая карта Беларуси масштаба 1:500000 (рисунок 7) с подробным описанием методики ее создания и анализом сопоставления полученных по космоаэрофотосъемочным материалам тектонических разломов с результатами геолого-геофизических, геодезических и сейсмологических исследований. Привлечение данных других наук о Земле обусловлено тем, что территория Беларуси практически полностью покрыта четвертичными отложениями, скрывающими строение древних платформенных образований фанерозоя, венда, рифея и дорифейских пород фундамента. Тем не менее, в данной работе сделан вывод [5, с.7], что крупные разломы доплатформенного заложения обнаруживают унаследованные движения, проявляющиеся вплоть до настоящего времени. При этом все крупные разломы территории Беларуси развиваются в условиях субмеридионального сжатия и субширотного растяжения [9].

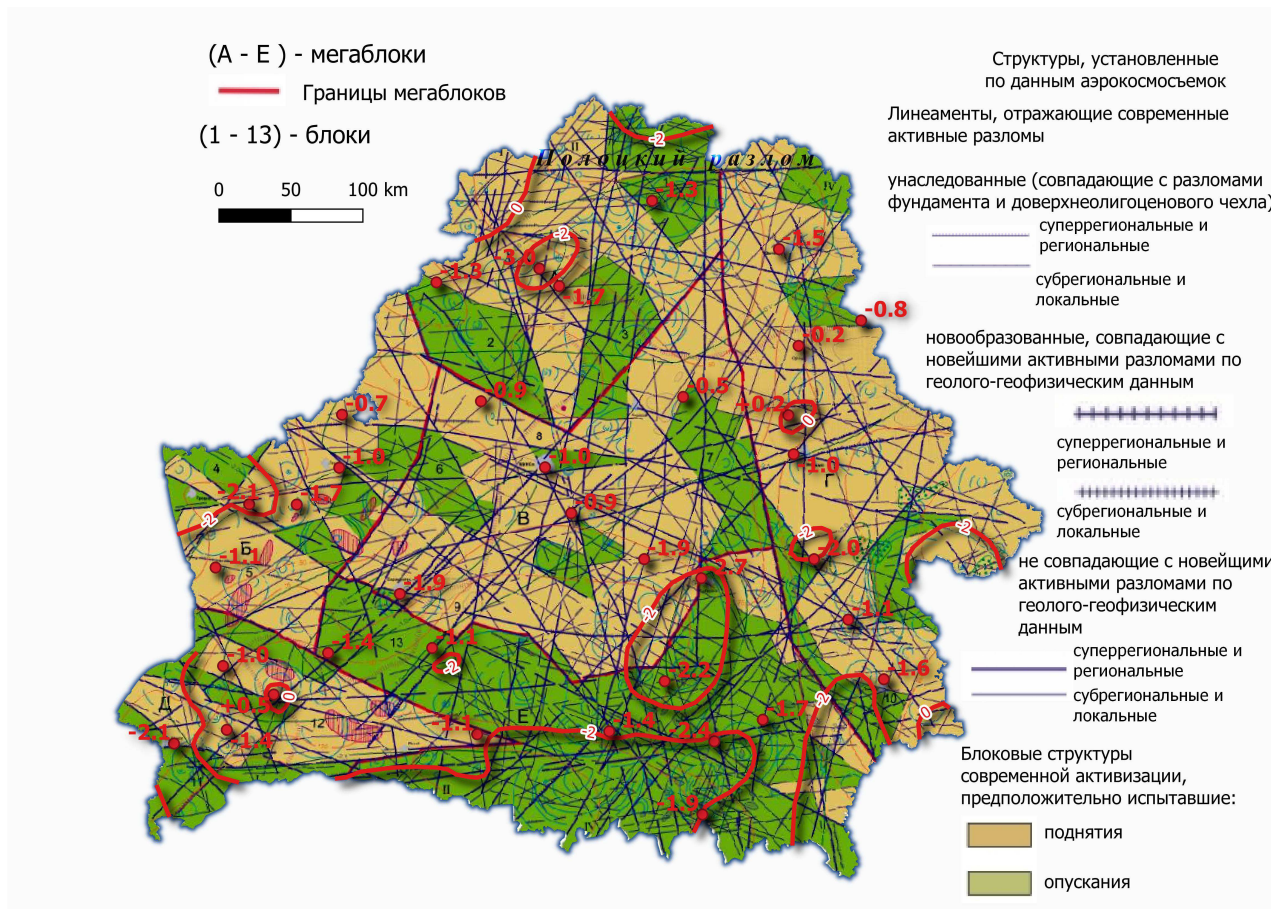
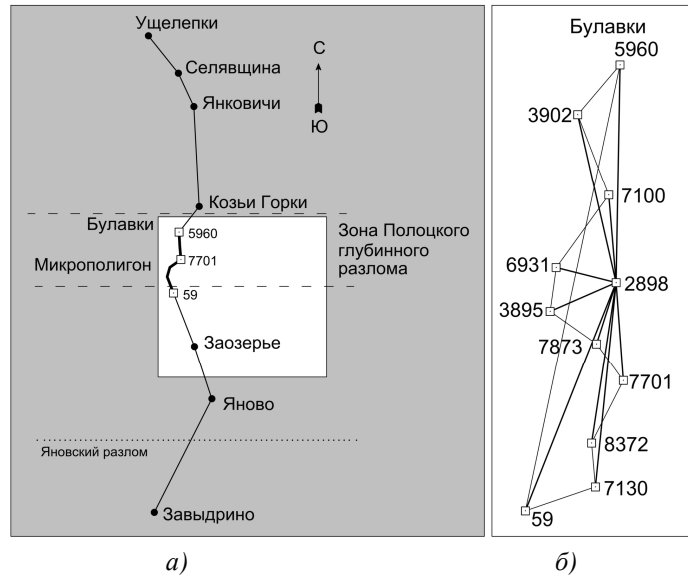


Рисунок 7. – Космотектоническая карта Беларуси [5] и скорости СВДЗК [11]. Цифрами и изолиниями показаны скорости СВДЗК в мм/год

Показанные на рисунке 7 скорости СВДЗК карты [11], которые в целом согласуются со значениями скоростей СВДЗК карты [12], свидетельствуют, что территория Беларуси опускается со скоростью 1–3 мм/год, испытывая поднятие в виде вкраплений на очень локальных участках со скоростью до 1 мм/год. Отрицательные скорости вертикальных движений земной коры на территории Беларуси согласуются с равнинно-низменным характером ее рельефа, и с точки зрения глобальной тектоники она может являться зоной компенсации расположенных к югу от нее горных областей, являющихся следствием движения на север осколков Гондваны (Африканской и Аравийской плит) и испытывающих современные поднятия.

Проявление деформационных тектонических волн Земли на территории Беларуси. Концепция деформационных волн Земли стала развиваться после обнаружения Ч. Рихтером в 1958 г. волнообразного характера миграции очагов землетрясений вдоль Северо-Анатолийского разлома в Турции. В работе [3] анализируется эта концепция с приведением данных наблюдений и различных теоретических моделей деформационных волн Земли. Интересной, на наш взгляд, представляется предложенная Эльзассером [25; 26] теория литосферных волноводов напряжений (stress guide), в которой напряжения распространяются горизонтально поверхности Земли по диффузионным законам при вязком сцеплении между литосферой и астеносферой. Можно предположить, что волновой характер распространения деформаций в земной коре проявляется не только во времени, но и в пространстве. Именно это мы и обнаружили на Полоцком геодинамическом микрополигоне (профиле), пересекающем субмеридионально Полоцкий региональный разлом, обозначенный на рисунке 7.

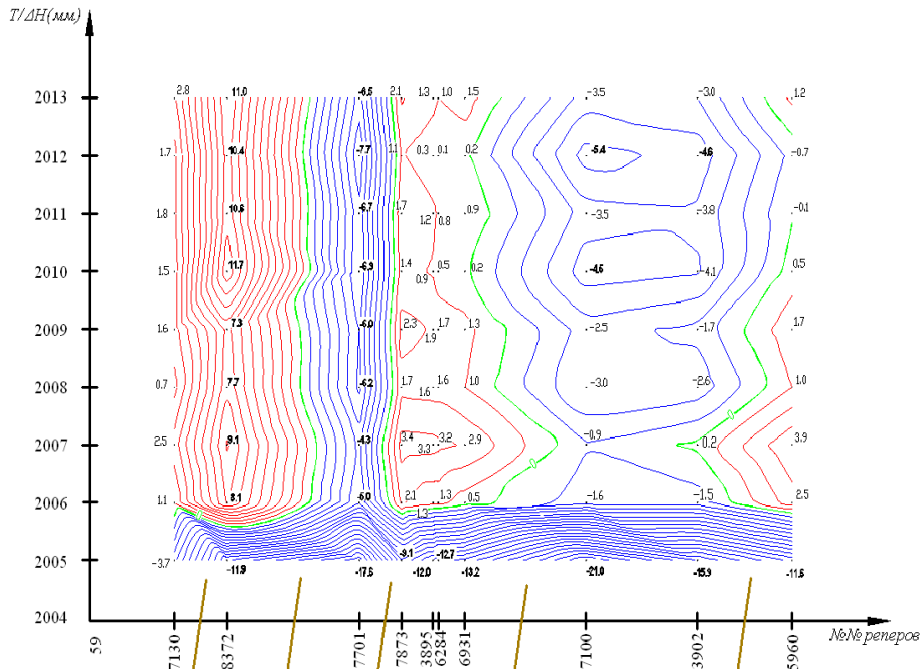
Полоцкий геодинамический микрополигон (рисунок 8) входит в состав геофизического полигона Института природопользования Национальной академии наук Беларуси и имеет протяженность в меридиональном направлении около 12 км. Фактически он занимает зону Полоцкого глубинного разлома и пересекает сеть разрывных нарушений, точное положение которых к началу постановки геодезических работ не было известно. Профиль был запроектирован в 2004 г. [23] с учетом уже имеющихся геофизических исследований в этом районе с целью детального исследования деформаций в зоне Полоцкого глубинного разлома. С самого начала работ на профиле нами предусматривалось получение максимально достоверной информации о движениях земной коры тектонического происхождения. Для этого был разработан специальный центр, устойчивый к сезонным колебаниям грунта при глубине промерзания до 1,5 м, а также оптимальная методика высокоточных нивелирных и ГНСС-наблюдений, позволяющая выполнять нивелирование с точностью не хуже 0,3 мм/км и измерения линий с точностью 1–2 мм.



а) – положение Полоцкого геодинамического микрополигона на Полоцком геофизическом полигоне (гравитометрические измерения); б) – схема геодезических построений на микрополигоне: 59 – 7130 – 8372 – 7701 – 7873 – 3895 – 6931 – 7100 – 3902 – 5960 – 59 – ходовая линия спутниковых наблюдений (без замыкания на 59 – она совпадает с линией высокоточного нивелирования); 2898 – связующий пункт.

Рисунок 8. – Схема инструментальных исследований в районе Полоцкого тектонического разлома

Волновой характер распространения деформаций на микрополигоне в меридиональном направлении прослеживается как по результатам нивелирования, так и по данным ГНСС наблюдений. Однако наиболее ярко это проявляется на вертикальных деформациях (рисунок 9), когда подъем земной поверхности периодически сменяется опусканием и наоборот.



Отметки реперов в каждую эпоху вычислены относительно репера 59, а их разности – между текущей и начальной эпохами наблюдений $\Delta H_T = H_T - H_{2004}$, где T – эпоха наблюдений. Изолинии для ΔH проведены через 1 мм: красный цвет – положительные разности, синий – отрицательные, зеленый – нулевые.

Значимые с вероятностью 0,95 разности отметок реперов выделены жирным шрифтом. На горизонтальной оси графиков наклонными линиями показаны тектонические разломы, выявленные по нивелирным данным. (Качество нивелирования 2005 г. вызывает сомнение и в дальнейшей интерпретации не участвует)

Рисунок 9. – Графики разностей отметок реперов ΔH мм в пространственно-временной области на Полоцком микрополигоне

Квазипериодический, волновой, характер поведения нивелирных знаков по Полоцкому профилю подтвержден исследованиями с привлечением тригонометрического ряда Фурье [13].

Заключение. Экспериментальные данные о распределении деформаций земной коры на различных тектонических структурах свидетельствуют о присутствии закономерностей в их развитии в соответствии с глобальной тектоникой Земли, что вытекает из следующего.

Камчатский регион:

1. Характер распределения скоростей СВДЗК на восточном побережье полуострова Камчатка подтверждает субдукционное взаимодействие в этом районе Тихоокеанской и континентальной тектонических плит. При этом субдукция наиболее целостно проявляется, начиная от Северо-Авачинского сегмента и заканчиваясь в Южно-Кроноцком сегменте.

2. Присутствие в скоростях СВДЗК унаследованных позднеплейстоцен-голоценовых и голоценовых движений свидетельствует об их связи с глобальными закономерными тектоническими процессами в системе Земля в частности и в Солнечной системе в целом.

3. Закономерность в направлениях осей экстремальных напряжений на Крымском, Шипунском и Петропавловском ГДП согласуется с его расположением на стыке двух плит и наличием зоны субдукции.

4. Распределение векторов горизонтальных смещений пунктов сети КАМNET и данные светодальномерного мониторинга СДЗК района Авачинского залива подтверждают обусловленность проявления движения земной коры на полуострове Камчатка глобальными тектоническими процессами, включая и субдукционным взаимодействием Тихоокеанской и Евразийской тектонических плит. Сильные землетрясения этого региона с магнитудами 7–8 сами являются закономерным следствием этих процессов и вносят только коррективы в проявление деформаций от них на земной поверхности.

Западный регион ВЕП (территория Беларуси):

1. Крупные разломы доплатформенного заложения обнаруживают унаследованные движения, проявляющиеся вплоть до настоящего времени. При этом все крупные разломы территории Беларуси развиваются в условиях субмеридионального сжатия и субширотного растяжения.

2. Отрицательные скорости вертикальных движений земной коры на территории Беларуси согласуются с равнинно-низменным характером ее рельефа, и с точки зрения глобальной тектоники она может являться зоной компенсации расположенных к югу от нее горных областей, являющихся следствием движения на север осколков Гондваны (Африканской и Аравийской плит) и испытывающих современные поднятия.

3. Квазипериодический, волновой характер поведения нивелирных знаков на Полоцком региональном тектоническом разломе, выявленный по результатам 10 циклов высокоточного нивелирования, согласуется с концепцией деформационных волн Земли и может быть использован в дальнейшем при ее исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдейко, Г.П. Сегментация Камчатской зоны субдукции и оценка сейсмической активности сегментов / Г.П. Авдейко, А.А. Палуева // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2010. – № 1(15). – С. 69–89.
2. Божко, Н.А. Дисимметрия тектонических процессов в ходе суперконтинентальной цикличности как динамические следствия относительных полярных смещений ядра и мантии Земли / Н.А. Божко, Ю.В. Баркин // Материалы 42-го тектонического совещания. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 66–70.
3. Быков, В.Г. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели / В.Г. Быков // Геология и геофизика. – 2005. – № 11. – С. 1176–1190.
4. Геодинамические аспекты развития национальной инфраструктуры навигации и позиционирования с повышенной точностью [Электронный ресурс] / Ю.А. Виноградов [и др.] // Геодезия России: История, современность, новые горизонты : материалы пленарного заседания, посвящ. 100-летию юбилею со дня образования Высшего геодезического управления, Новосибирск, 24 апр. 2019 г. Экспоцентр. – Режим доступа: <http://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/2019/congress-materials/24-04/2konf-zal/plenary-session/%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%B2-%D0%AE-%D0%90-%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%B2-%D0%93-%D0%9C-%D0%93%D0%B0%D0%B1%D1%81%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2-%D0%AE-%D0%92-%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BF%D0%B8%D0%BA-%D0%90-%D0%9F.pdf>. – Дата доступа: 23.04.2021.
5. Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1:500000: создание и результаты / Р.Г. Гарецкий [и др.] // Литасфера. – 2013. – № 1 (38). – С. 3–30.
6. Гордиенко, В.В. О гипотезе тектоники плит / В.В. Гордиенко // Геофизический журнал. – 2013. – Т. 35. – № 6. – С. 71–100.
7. Есиков, Н.П. Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности / Н.П. Есиков. – М.: Наука, 1979. – 152 с.
8. Золотарская, С.Б. Карта современных вертикальных движений земной коры полуострова Камчатка / С.Б. Золотарская, Г.Ф. Уфимцев, В.Н. Ставров // ГУГК при СМ СССР. Ин-т земной коры СО АН СССР. Ин-т тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР. – М., 1989.
9. К определению напряженного состояния земной коры древних платформ (на примере западной части Восточно-Европейской платформы) / А.К. Карабанов [и др.] // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых : материалы 38-го Тектон. совещ.-я. В 2 Т. – М.: ГЕОС. 2005. – Т. 1. – С. 263–267.
10. Карпенко, И.В. Физическая природа циклов Вилсона, Бертрана, Штиле / И.В. Карпенко // Эволюция тектонических процессов в истории Земли : материалы 37-го тектон. совещ.-я. – Новосибирск, 2004. – С. 217–220.
11. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территорию СССР. М 1:5000000 / Л.А. Кашин (гл. ред.) [и др.]. / Гл. упр-е геодезии и картографии при СМ СССР. – М., 1989.

12. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М 1:2 500000 / Ю.А. Мещеряков (гл. ред.). – М., 1973.
13. Коровкин, В.Н. Математическое моделирование геодинамических процессов / В.Н. Коровкин, А.Н. Соловьев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2013. – № 16. – С. 117–121.
14. Коровкин, В.Н. Анализ гипотезы тектоники плит по результатам геодезических измерений и данных других наук о Земле / В.Н. Коровкин, Г.А. Шароглазова, В.А. Парфененко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фундаментальные науки. 2009. – № 9. – С. 109–114.
15. Левин, В.Е. GPS-мониторинг современных движений земной коры на Камчатке и Командорских островах 1997 – 2007 гг. / В.Е. Левин // Вулканология и сейсмология. – 2009. – № 3. – С. 60–70.
16. Пухляков, Л.А. О некоторых попытках опровергнуть гипотезу дрейфа континентов / Л.А. Пухляков // Изв. Томс. ордена Трудового красного знамени политехн. ин-та им. С.М. Кирова. – 1970. – Т. 218. – С. 58–60.
17. Соловьев, А.В. Изучение тектонических процессов в области конвергенции литосферных плит методами трекового датирования и структурного анализа : автореф. дис. ... д-ра геол.-минералог. наук : 25.00.03 / А.В. Соловьев ; Моск. гос. ун-т. – М., 2005.
18. Трубицын, В.П. Тектоника плавающих континентов / В.П. Трубицын // Вестн. Рос. Акад. Наук. – 2005. – Т. 75, № 1. – С. 10–21.
19. Федотов, С.А. Программа геодезических работ по изучению современных движений земной коры на Камчатке / С.А. Федотов, В.Б. Энман // Современ. движения земной коры. – 1973. – № 5. – С. 267–273.
20. Хаин, В.Е. Об основных принципах построения подлинно глобальной модели динамики Земли / В.Е. Хаин // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 6. – С. 753–760.
21. Хаин, В.Е. Геодинамические циклы и геодинамические системы разного ранга: их соотношения и эволюция в истории Земли / В.Е. Хаин, М.А. Гончаров // Геотектоника. – 2006. – № 5. – С. 3–24.
22. Шароглазова, Г.А. Применение геодезических методов в геодинамике / Г.А. Шароглазова. – Новополюцк : ПГУ, 2002. – 192 с.
23. Шароглазова, Г.А. Опыт выполнения геодинамических исследований на локальных вытянутых залесенных участках земной поверхности / Г.А. Шароглазова, С.К. Товбас, А.Н. Соловьев // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С. 38–42.
24. Шароглазова, Г.А. Деформации земной поверхности, выявленные по геодезическим данным 1970 – 1986 гг., и сильные землетрясения в области сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг / Г.А. Шароглазова, В.Н. Ставров // Вулканология и сейсмология. – 1989. – № 2.
25. Elsasser, W.M. Convection and stress propagation in the upper mantle / W.M. Elsasser // The Application of Modern Physics to the Earth and Planetary Interiors / Ed. S. K. Runcorn. – N.Y., Wiley, 1969. – P. 223–246.
26. Elsasser, W.M. Two-layer model of upper-mantle circulation / W.M. Elsasser // J. Geophys. Res., 1971. – Vol. 76. – № 20. – P. 4744–4753.
27. Maguskin, M.A. Ground surface deformation in Karymskiy volcanic area / M.A. Maguskin, G.A. Sharoglazova // Volcanology & Seismology. – 1993. – Vol. 14. – № 4. – P. 450–456.
28. Mogi, K. Migration of seismic activity / K. Mogi, // Bull. Earth Res. Res. – Tokyo Univ., 1968. – Vol. 46. – P. 53–74.
29. Richter, E.F. Elementary seismology / E.F. Richter. – San Francisco, W.H. Freeman and Co., 1958. – 768 p.
30. The study of deformations of the earth's surface on the Kamchatka peninsula: repeated geodetic measurements / S.A. Fedotov (et al.) // Journal of Geodynamics. – 1988. – Vol. 10. – № 2–4. – P. 175–188.
31. Deformations of the earth's surface on the Klyuchi geodynamic polygon, Kamchatka, 1978-1987 / S.A. Fedotov (et al.) // Tectonophysics. – 1992. – Vol. 202. – № 2–4. – P. 151–156.

Поступила 07.06.2021

THE MANIFESTATION OF GLOBAL TECTONICS ON VARIOUS TECTONIC STRUCTURES

G. SHAROGLAZOVA, V. KOROVKIN

Based on the experimental data of the tectonically active eastern coast of the Kamchatka Peninsula, located at the junction of the Pacific and Eurasian tectonic plates, and the territory of Belarus, which is part of the relatively stable Eastern European platform, an attempt was made to find signs of regularity in the distribution of crustal deformations in accordance with the global tectonics of the Earth. The concept of deformation tectonic waves of the Earth, developed on the basis of Richter's discovery of the migration of strong earthquake foci along deep faults and global plate tectonics, is touched upon. Experimental data on the wave nature of the phenomenon of vertical deformations of the Earth's crust in space with a period of about 5-6 km in the conditions of Belarus, on the Polotsk tectonic fault, are presented.

Keywords: *global tectonics of the Earth, deformations of the Earth's crust, tectonic structures, deformation waves.*