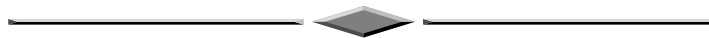


ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ



УДК 528.389:551.242.5

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ СИБИРИ В КОНЦЕ ДВАДЦАТОГО СТОЛЕТИЯ

Вячеслав Георгиевич Колмогоров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, профессор кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости, тел. (383)330-80-25, (913)941-78-90, e-mail: Vyacheslavgeorgievich@mail.ru

Владимир Иванович Дударев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости, тел. (383)344-36-60, e-mail: leodvi@rambler.ru

Дается краткий обзор развития комплексных исследований современной геодинамики Сибири, выполненных во второй половине двадцатого столетия.

Ключевые слова: геодинамические явления, геометрическое нивелирование, современные вертикальные движения земной коры, геодинамические полигоны, современные деформации земной поверхности.

STATE OF THE PROBLEM OF COMPLEX STUDYING OF MODERN GEODYNAMICS OF SIBERIA IN THE LATE TWENTIETH CENTURY

Vyacheslav G. Kolmogorov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof., department of geomatic and real estate infrastructures, tel. (383)330-80-25, (913)941-78-90, e-mail: Vyacheslavgeorgievich@mail.ru

Vladimir I. Dudarev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., department of geomatic and real estate infrastructures, tel. (383)344-36-60, e-mail: leodvi@rambler.ru

The brief review of development of comprehensive researches of modern geodynamics of Siberia, executed in the second half of the twentieth century is given.

Key words: geodynamic phenomena, geometrical leveling, modern vertical movements of an earth's crust, geodynamic sites, modern deformations of a terrestrial surface.

Проблема определения изменений во времени положения точек земной поверхности и параметров гравитационного поля Земли, а также интерпретация полученных результатов стала составной частью геодинамики. Геофизические и геодезические методы измерений позволяют получить оценки изменения положения точек земной поверхности и параметров гравитационного поля Земли с относительной ошибкой от 10^{-6} до 10^{-9} (если для линейных измерений за единицу измерения принять радиус Земли, угловых – радиан, силы тяжести – ее среднее значение на поверхности Земли). Однако даже столетний опыт исследований не позволил пока «увязать» результаты геологических, геофизических и геодезических методов измерений так, чтобы все они послужили единым фундаментом для создания теории геодинамических процессов. Основную трудность исследователи видят в том, что характерные времена процессов, изучаемых разными науками, оказываются различными [1, 2].

Геодинамические явления по пространственному признаку условно делят на группы: а) глобальные (планетарные); б) региональные, относящиеся к областям протяженностью от 100 км до 1 000 км; в) локальные, относящиеся к областям протяженностью до 100 км. По временному признаку они делятся на следующие: а) вековые – с периодом изменений около 100 лет; б) межгодовые – с периодом изменений от нескольких лет до 100 лет; в) годовые (сезонные) – с периодом изменений от нескольких лет до полугода; г) месячные, полумесячные; д) суточные; е) нерегулярные (случайные) [3, 4].

Наибольший объем инструментальных данных накоплен в области геодезии и сейсмологии. В перспективе разномасштабные геодинамические исследования станут главным делом геодезии в ее аспектах, связанных с другими науками о Земле, и приобретут большое социально-экономическое значение.

Такие глобальные геодинамические явления, как движение полюсов и неравномерность вращения Земли, изменение параметров его гравитационного поля и уровня морей, изменение положения центра масс и тензора инерции Земли, земные и океанические приливы, существенно отразились на традиционных наблюдениях звезд для целей астрометрии и геодезии и приобрели особое значение в последние годы для решения геодезических задач космическими методами – наблюдениями спутников, входящих в геодезические и навигационные комплексы, светолокацией Луны, применением метода длинно-базисной радиоинтерферометрии. Поэтому уже многие десятилетия существуют как национальные, так и международные службы времени и вращения Земли, в деятельности которых с самого начала их возникновения принимают активное участие геодезические, астрономические и метрологические научные учреждения нашей страны. Изучение земных приливов приобрело особое значение с развитием высокоточных гравиметрических работ и при расчете орбит искусственных спутников Земли, используемых в геодезии и навигации, а также при точных определениях абсолютных положений точек земной поверхности всеми современными космическими средствами [5, 6].

Единственным широко используемым методом для проведения региональных геодинимических исследований многие годы является метод повторного геометрического нивелирования, который совместно с регулярными наблюдениями за уровнем моря на ряде уровнемерных постов позволяет определять современные вертикальные движения земной коры (СВДЗК) в пределах обширных территорий. Систематическое использование результатов повторного геометрического нивелирования в СССР для изучения СВДЗК началось в 1945 г. как результат реализации программ нивелирования I и II классов; по мере реализации этих программ уточнялись и опубликовывались новые карты СВДЗК, охватывающие все большие территории [7].

На XIII Генеральной ассамблее МГГС в 1962 г. был принят Международный проект «Современные движения земной коры», предусматривающий прежде всего составление сводных карт СВДЗК крупных регионов. С этого момента начался этап интенсивных повторных геодезических измерений, главным образом, высотной сети и создания специальных геодинимических полигонов (ГДП) для изучения тонких особенностей пространственно-временного проявления современных движений земной коры (СДЗК). Основными аспектами этих исследований были: совершенствование методов наблюдений, оценка их представительности и возможностей, разработка методики анализа результатов наблюдений, оценка влияющих на точность измерений факторов различной природы, составление карт СВДЗК и др. В государственном и международном масштабах исследования СДЗК были развернуты благодаря усилиям известнейших исследователей и организаторов науки и производства: первого президента Международной ассоциации геодезии по СДЗК профессора Ю. А. Мещерякова, председателя Союза геодезии и геофизики Межведомственного комитета по СДЗК АН СССР Ю. Д. Буланже и зам. начальника ГУГиК при СМ СССР Л. А. Кашина.

Важным этапом указанных исследований была карта СВДЗК Восточной Европы, составленная в сотрудничестве геодезических служб социалистических стран и представленная в 1971 г. на XV Генеральной ассамблее МГГС в Москве. Впервые в мире была построена в единой системе сводная карта СВДЗК на территорию площадью более 6,5 млн. км².

В результате работ по повторному нивелированию, выполненных предприятиями ГУГК при СМ СССР в 1970–1982 гг., оказалось возможным совместно с ЦНИИГАиК и рядом организаций АН СССР в 1986 г. впервые завершить составление карты СВДЗК практически на всю территорию нашей страны. Были использованы линии повторного нивелирования общей длиной 213,7 тыс. км при среднем интервале времени между повторными нивелировками в разных регионах страны от 23 до 31 года. По 298 полигонам выполнено уравнивание невязок скоростей СВДЗК, в 73 % полигонов эти невязки лежали в пределах 5 мм/год. Исходными значениями при уравнивании служили абсолютные скорости, полученные уровнемерными постами на Азовском, Балтийском, Белом, Охотском, Черном, Японском морях, а также на море Лаптевых

и в Тихом океане. Для Европейской части и Кавказа значения скоростей СВДЗК лежат в пределах от -7 мм/год (Предуралье) до +13 мм/год (Малый Кавказ). При этом средние квадратические погрешности определения скоростей практически всюду находятся в пределах от 1,0 мм/год до 1,5 мм/год. Обширные равнинные области характеризуются небольшими отрицательными значениями скоростей от -1 мм/год до -3 мм/год. При составлении карты скоростей СВДЗК Западной Сибири совместно с вычислительным цехом Предприятия № 8 ГУГК при СМ СССР активное участие принимали сотрудники лаборатории земной коры ИГиГ СО АН СССР, внедрившие разработанную ими методику вычисления скоростей СВДЗК на территориях, покрытых редкой нивелирной сетью [4, 8, 9].

Локальные геодинамические явления преимущественно изучаются путем проведения традиционных геодезических наземных работ на специальных геодинамических полигонах. Главная цель ГДП – выявление кинематических предвестников землетрясений как часть создаваемой в нашей стране службы их прогноза. Наряду с этим с каждым годом все большее значение приобретали работы по изучению геодинамических явлений техногенного происхождения в зонах строительства и эксплуатации крупных гидроэлектростанций и других гидротехнических сооружений, добычи полезных ископаемых, прежде всего нефти и газа [10], использования подземных вод. Началом регулярных исследований локальных движений земной коры были ведущиеся с 1940-х гг. работы на Гармском полигоне ИФЗ АН СССР в Таджикской ССР. Повторные плановые и нивелирные измерения на этом полигоне позволили выявить надвиг зоны Памира на Тянь-Шань со средней скоростью 1,5–1,7 см/год, что согласуется с ожидаемым надвигом Индийской тектонической плиты на Евразийскую [11]. В дальнейшем институты союзной и республиканских академий наук организовали еще ряд ГДП в различных районах страны. К середине 1970-х гг. уже было создано более 50 ГДП, расположенных в сейсмоактивных районах и на Камчатке, где изучаются деформационные процессы, связанные с вулканической деятельностью. Велись работы на нескольких ГДП в пределах Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) и на трассе БАМ (регионе с повышенной сейсмо-тектонической активностью). В число ГДП входят и техногенные полигоны в районах добычи и хранения газа, нефтяных и угольных разработок. Накоплен материал из многократных циклов измерений на ГДП, расположенных в районах крупных ГЭС. Четко зафиксированы деформации, отражающие как изменения нагрузки из-за сезонных колебаний уровней водохранилищ, так и более медленные процессы приспособления земной коры к изменившимся гидрогеологическим условиям [12]. На ряде техногенных полигонов уверенно определены деформации, связанные с добычей нефти и газа. На промысловых участках часты случаи искривления буровых скважин, разрывы нефтегазовых и водяных трубопроводов и других разрушений различных линейных сооружений, в связи с чем появляется необходимость изучения деформаций земной поверхности геодезическими методами [10].

Основы системных исследований СДЗК были сформулированы в начале 1960-х гг. академиком В. А. Магницким, член-корреспондентами АН СССР Ю. Д. Буланже, Э. Э. Фотиади, В. В. Белоусовым, доктором технических наук А. А. Изотовым, доктором географических наук Ю. А. Мещеряковым, докторами геолого-минералогических наук А. Т. Донабедовым, Г. И. Каратаевым и др. Главное звено системы заключалось в комплексировании различных методов наблюдений и комплексной интерпретации. Комплексный подход к решению данной проблемы получил дальнейшее развитие и широкое применение в связи с решением сложных вопросов прогноза землетрясений и прогнозирования нефтегазоносности бассейнов на геодинамической основе. Общие принципы постановки геодинамических исследований с целью прогноза землетрясений разработаны Ю. А. Мещеряковым, А. А. Никоновым, А. К. Певневым и др., а с нефтепоисковыми целями – А. Т. Донабедовым, В. А. Сидоровым, Ю. О. Кузьминым и др. Накопленный к середине 1980-х гг. прошлого столетия объем экспериментальной информации о СДЗК достаточно велик, но теоретические основы анализа и интерпретации временных рядов профильных и площадных геодезических наблюдений требуют еще дальнейшего усовершенствования. В этом направлении разработаны методы вычисления компонент деформаций земной поверхности по геодезическим данным, теоретические и методические основы оценки параметров СДЗК по результатам многомерных временных рядов геодезических наблюдений [13, 14]. При комплексной интерпретации данных о СДЗК все больше привлекаются результаты исследований смежных наук о Земле – структурной геологии, тектонофизики, геодезии, гравиметрии, астрономии, механики сплошных сред и др. (Н. И. Николаев, М. В. Гзовский, А. А. Никонов, В. А. Сидоров, В. В. Бузук, Ф. К. Тяпкин, В. П. Щеглов, Я. С. Яцкив, А. С. Григорьев, А. В. Михайлова и др.).

Вопрос о природе СДЗК представляет собой одну из важных геофизических проблем, к решению которой М. В. Гзовский и его последователи подошли с тектонофизических позиций [15]. Имеется несколько гипотез о природе СДЗК. Частично эти движения обусловлены экзогенными факторами, частично – пластическими течениями верхних осадочных толщ земной коры. Однако большей частью СДЗК имеют тектоническое происхождение и связаны с процессами в литосфере, астеносфере и других оболочках Земли, т. е. вызываются теми же причинами, что и динамика литосферы в масштабе геологических времен. Неоднородность земной коры по вертикали приводит к различному течению тектонических процессов в вертикальном разрезе: от плавных и объемных (на десятки и сотни километров) в нижней части земной коры до прерывистых, протекающих в значительно меньших объемах (первые десятки километров) в ее верхней части. В связи с этим характер смещений и деформаций существенно различается на разных горизонтах: от вязкого течения в нижней части коры до хрупкого разрушения в верхней. Основной особенностью процессов, вызывающих современные смещения земной поверхности, является следующая: чем глубиннее процесс, тем на большей площади и дольше он прояв-

ляется. При этом скорости вертикальных движений, порождаемых подкоровыми процессами, малы и, видимо, не превышают 1,0–1,5 мм/год, а скорости, достигающие 5–10 мм/год и более, являются результатом процессов, происходящих в земной коре [16, 17].

Использование результатов геодезических измерений для изучения СДЗК Западной Сибири началось в 1950-х гг. с работ А. Д. Панади, который проанализировал данные нивелирования, выполненного по Транссибирской магистрали в 1903–1912 гг. и 1941–1943 гг. на участке Барабинск – Новосибирск. При этом отмечено повышение отметок в пределах восточной части Барабы на 15–20 мм [18]. Позднее, в 1957 г., В. Г. Рихтер в [19] высказал свои сомнения по поводу обнаруженного поднятия Барабы. В 1961 г. Д. Н. Фиалков [20] сравнил результаты нивелирования 1903–1912 гг. и 1941–1945 гг. по линии Челябинск – Омск – Новосибирск – Ачинск и выявил незначительное поднятие относительно г. Челябинска зоны г. Петропавловска, отставание района г. Омска и более значительное поднятие участка Барабинск – Новосибирск – Ачинск. В 1965 г. по данным повторного нивелирования линий Курган – Новосибирск (1903–1912 гг., 1944–1945 гг.), Новосибирск – Семипалатинск (1932 г., 1955 г.), Омск – Павлодар (1921 г., 1941 г.), Курган – Тургай – Иргиз (1941 г., 1953 г.) Д. Н. Фиалковым [21] была составлена схема вертикальных движений южной части Западно-Сибирской плиты. Природа выявленных движений связывается им с отрицательными волнами геоида. К анализу этих же линий обращалась В. А. Матцова [22], пришедшая к выводу о непригодности результатов нивелирования 1903–1912 гг. для изучения современных движений. Подобное заключение было сделано и исследователями ИГиГ СО АН СССР [23].

Результаты двух нивелирований I класса по линии Новосибирск – Барнаул – Семипалатинск (1932 г. и 1955 г.) использованы Ю. А. Мещеряковым [24] для изучения тектонических движений Алтая. Этими исследователями показано, что интенсивность унаследованного поднятия Приобского плато в современную эпоху выше скорости унаследованного поднятия отрогов Салаира.

Выполненный Л. М. Кнуренко, И. М. Батугиной и др. [25] анализ результатов повторного нивелирования линий Новосибирск – Ачинск (1942 г., 1963 г.), Новосибирск – Барнаул (1932 г., 1955 г.), Алтайская – Бийск (1932 г., 1970 г.), Ачинск – Абакан (1931 г., 1950 г.), Безменово – Бачатский (1939 г., 1970 г.), Кемерово – Новокузнецк – Кондома (1953 г., 1971 г.), Бийск – Аскиз (1933 г., 1971 г.) позволил сделать вывод о том, что графики скоростей СВДЗК четко отражают структурные элементы далеко не по всем указанным линиям. Позднее эти линии повторного нивелирования были использованы при составлении схематической карты современных движений Кузбаса.

Исследования по проблеме «Современные движения земной коры» в Сибирском отделении АН СССР начаты в середине 1960-х гг. С этой целью под руководством члена-корреспондента АН СССР Э. Э. Фотиади, доктора геолого-минералогических наук Г. И. Каратаева, доктора технических наук В. К. Панкрушина при непосредственном участии В. Г. Колмогорова был соз-

дан Байкальский геодинимический полигон (Ангинско-Селенгинский профиль, пересекающий южную часть оз. Байкал и зону сочленения Сибирской платформы и Байкальской рифтовой зоны), на котором проводился комплекс геодезических, гравиметрических и магнитометрических измерений. Изучение деформаций земной поверхности геодезическим методом велось в двух направлениях: а) определение пространственно-временных характеристик современных деформаций крупных регионов Сибири (зона сочленения Сибирской платформы и Байкальской рифтовой зоны); б) систематические измерения на геодинимических полигонах, созданных в последующие годы в районах Северо-Муйского тоннеля Байкальской рифтовой зоны, на Алтае, в Горной Шории и Казахстане на Танатарском соляном куполе [26, 27].

Данные повторных геодезических измерений при разведке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири стали использоваться в конце 1970-х – начале 1980-х гг. С этой целью создаются специальные «нефтегазогеодинимические» полигоны, на которых в комплекс геологопоисковых работ включены геодинимические исследования [27].

Первые количественные данные о современных движениях Восточной Сибири появились в 1928 г. после выполнения Военно-топографическим управлением в 1906 и 1928 гг. двух нивелирований вдоль Кругобайкальской железной дороги. Отмечены положительные вертикальные смещения Маритуя на 171,3 мм, Култука на 202,6 мм и в районе Мишихи – опускание на 190,7 мм [28]. Эти данные позднее подверглись критике В. П. Солоненко, который после сравнения результатов нивелирования 1928 г. и 1937–1943 гг. на участке станций Михалево и Мысовая высказал мысль о неравномерном характере современных вертикальных движений в районе оз. Байкал: периоды быстрых движений могут сменяться периодами относительного покоя. Наиболее надежные сведения о современной геодинимике БРЗ получены после уравнивания общей высотной сети страны (1985 г.). Анализ этих данных о современных вертикальных движениях Саяно-Байкальской области, выполненный Г. Ф. Уфимцевым [29] и Н. Г. Ворониной, подтвердил высокую дифференцированность тектонических движений и сложные соотношения современных движений с новейшими.

Все перечисленные выше исследователи рассматривали геодезические данные с целью установления связи СВДЗК, в основном, с неотектоническими движениями, что имеет принципиальное значение для понимания природы тектонических процессов в земной коре и верхней мантии.

Основу геодинимических исследований, выполняемых ИГиГ СО АН СССР на территории Сибири, составили более надежные данные о СВДЗК, полученные после выполнения Главным управлением геодезии и картографии повторного высокоточного и точного нивелирования за период 1940–1980 гг., а также непосредственные измерения на геодинимических полигонах ИГиГ СО АН СССР, позволившие определить скорости СВДЗП, оценить их пространственно-временные характеристики и выполнить их тектонофизическую интерпретацию [30–33].

Геодинамические исследования геодезическими методами предприятия ГУГК СССР стали развиваться в Восточной Сибири в середине 1980-х гг. [34]. Семь ГДП расположены вдоль БРЗ и Олекмо-Становой зоны: Тункинский – в юго-западной части БРЗ, Баргузинский – в центральной части, Северо-Муйский, Удоканский и Кондинский – группируются в северо-восточной части вдоль трассы БАМ. В районе границы между БРЗ и Олекмо-Становой зоны, в среднем течении реки Олекмы, действовал Олекминский ГДП. Самый восточный, Южно-Якутский ГДП, расположен в верховьях реки Тимптон. Он находится в зоне воздействия «станового» поля напряжений. Эти последние два ГДП также приурочены к трассам БАМ и малого БАМа [35].

Выбор местоположения ГДП и даже расположения геодезических пунктов выполнялся при активном участии специалистов и ученых Института земной коры СО АН СССР в г. Иркутске. Это обусловило высокую эффективность и информативность исследований на сравнительно небольших геодезических построениях, используемых для определения относительных смещений типичных для БРЗ структур – рифтовых впадин, хребтов и межвпадинных перемычек.

Типичный ГДП для БРЗ строился при минимуме пунктов из небольшой линейно-угловой сети, в которой обеспечивался контроль движений во впадине и на горных склонах, затем более обширной нивелирной сети, линии которой пересекали основные структуры изучаемой территории. На самых активных разломах создавались локальные построения. Плановая локальная сеть – это малый геодезический четырехугольник с диагоналями, по два пункта которого расположены по разные стороны разлома. Локальная нивелирная линия пересекала разлом; реперы на ней располагались чаще, чем на основных нивелирных линиях. На Байкальских ГДП эти линии назывались сериями реперов [35].

Краткий обзор состояния проблемы изучения современной геодинамики Сибири по геодезическим данным, естественно, не мог охватить всего разнообразия полученной информации, но уже из приведенного очевидно, что выполненный комплекс сложных, трудоемких и дорогостоящих геодезических работ и их результаты в виде различных количественных характеристик СВДЗК представляет собой фундаментальную основу для решения многих важных научных проблем геологии, геофизики и геоморфологии [36–40].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буланже Ю. Д., Никонов А. А. Современные движения земной коры // Вестник АН СССР. – 1973. – № 9. – С. 72–81.
2. Современная динамика литосферы континентов / Под ред. Н. А. Логачева, В. С. Хромовских. – М.: Наука, 1989. – 200 с.
3. Геодезическая основа карты современных вертикальных движений земной коры территории СССР в масштабе 1 : 5 000 000. – М.: ГУГК, 1989. – 45 с.
4. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территорию СССР (СВДЗК). Масштаб 1 : 5 000 000 / Под ред. Л. А. Кашина. – М.: ГУГК СМ СССР, 1989. – 54 с.

5. Зверев А. Т. Проблемы эволюции формы геоида // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1988. – № 3. – С. 44–47.
6. Прилепин М. Т. Спутниковые методы // Современная динамика литосферы континентов. Методы изучения. – М.: Наука, 1989. – С. 100–111.
7. Изотов А. А. О геодезических методах изучения земной коры // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1963. – № 17. – С. 5–10.
8. Вопросы методики составления и интерпретации карты скоростей современных вертикальных движений южной части Западной Сибири / В. Г. Колмогоров, П. П. Колмогорова, Н. М. Ананченко, Г. М. Киреева, В. И. Кривошеин, Л. Д. Смирнова // Современная геодинамика литосферы Сибири. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1986. – С. 149–163.
9. Составление карты скоростей современных вертикальных движений земной коры Западно-Сибирской плиты / Э. Э. Фотиади, В. А. Лазаренко, В. Г. Колмогоров, П. П. Колмогорова и др. // Современные движения земной коры. Морфоструктуры, разломы, сейсмичность. – М.: Наука, 1987. – С. 72–76.
10. Сидоров В. А., Кузьмин Ю. О. Современные движения земной коры осадочных бассейнов. – М.: Наука, 1989. – 182 с.
11. Кучай В. К. Современная динамика Земли и орогенез Памиро-Тянь-Шаня. – М.: Наука, 1983. – 208 с.
12. Современные вертикальные движения, изостазия и плотностная неоднородность литосферы Южной Сибири / Э. Э. Фотиади, В. Г. Колмогоров, П. П. Колмогорова, А. В. Ладынин, С. А. Тычков // Современные движения земной коры. Теория, методы, прогноз. – М.: Наука, 1980. – С. 45–51.
13. Есиков Н. П. Современные движения земной поверхности с позиций теории деформации. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1991. – 236 с.
14. Панкрушин В. К., Васильев Е. А. Оперативная обработка и интерпретация многомерных временных рядов геодезических наблюдений современных движений земной коры // Вулканология и сейсмичность ДВ АН СССР. – 1985. – № 6. – С. 89–90.
15. Гзовский М. В. Основы тектонофизики. – М.: Наука, 1975. – 533 с.
16. Артюшков Е. В. Геодинамика. – М.: Наука, 1979. – 326 с.
17. Магницкий В. А. Физическая природа некоторых типов вертикальных движений земной коры // Современные движения земной коры. – Тарту: АН ЭССР, 1985. – № 2. – С. 47–52.
18. Панадиади А. Д. Барабинская низменность. – М.: Недра, 1953. – 236 с.
19. Рихтер В. Г. Об оценке метода повторного нивелирования при изучении современных тектонических движений // Бюл. МОПИ. Отдел геол. – 1957. – Т. 32. – № 2. – С. 105–120.
20. Фиалков Д. Н. Применение геодезических методов при изучении движений земной коры в Западной Сибири // Тр. СНИИГиМС, Мин. геологии и охраны недр СССР. – Л., 1961. – Вып. 7. – С. 94–100.
21. Фиалков Д. Н. Достоверность вертикальных движений земной коры Западной Сибири // Современные движения земной коры. – Тарту: АН ЭССР. – 1965. – № 2. – С. 309–314.
22. Матцкова В. А. О природе современных движений и качественной характеристике кривой скоростей движений // Современные движения земной коры. – Тарту: АН ЭССР. – 1965. – № 2. – С. 233–234.
23. Колмогоров В. Г., Колмогорова П. П. Особенности проявления современных движений земной коры Сибири // Методика и результаты комплексных исследований земной коры Сибири. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1981. – С. 13–19.
24. Мещеряков Ю. А. Рельеф и современная геодинамика. Избранные труды. – М.: Наука, 1981. – 278 с.
25. Кнуренко Л. М. Карта современных движений земной коры Кузбасса // Современные движения земной коры. – Новосибирск: Наука, 1978. – С. 30–33.

26. Байкальский геодинамический полигон. Методика исследований и первые результаты изучения современных движений земной коры / Э. Э. Фотиади, Г. И. Каратаев, В. Г. Колмогоров и др.; под ред. Э. Э. Фотиади. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1970. – 175 с.
27. Современная геодинамика и нефтегазоносность / В. А. Сидоров, М. В. Багдасаров, С. В. Антанасян и др. – М.: Наука, 1989. – 200 с.
28. Афанасьев А. Н., Гречищев Е. К. К оценке современных тектонических движений на Байкале по данным наблюдений за его уровнем // Тр. ин-та. – Вост. Сиб. геолог. Институт СО АН СССР. – 1959. – Вып. 2. – С. 32–37.
29. Уфимцев Г. Ф. Морфотектоника Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение. – 1992. – 215 с.
30. Современные деформации приповерхностной части земной коры Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий / Э. Э. Фотиади, Н. П. Есиков, В. Г. Колмогоров и др. // Современные движения земной коры. Теория, методы, прогноз. – М.: Наука, 1980. – С. 119–124.
31. Современные вертикальные движения, изостазия и плотностная неоднородность литосферы Южной Сибири / Э. Э. Фотиади, В. Г. Колмогоров, П. П. Колмогорова, А. В. Ладынин, С. А. Тычков // Современные движения земной коры. Теория, методы, прогноз. – М.: Наука, 1980. – С. 45–51.
32. Kolmogorov V. G., Kolmogorova P. P. Some results from studying recent crustal movements in the Baikal rift zone // Tectonophysics, 1978. – V. 45. – № 1. – P. 101–105.
33. Kolmogorova P. P., Kolmogorov V. G. Recent vertical crustal movements in the region of Yenisei Ridge // Geology and Geophysics. – 2004. – Vol. 45. – № 4. – P. 455–464.
34. Геодезические методы изучения деформаций земной коры на геодинамических полигонах. – М.: ЦНИИГАиК. – 1985. – 112 с.
35. Серебрякова Л. И. Геодинамические исследования // Научно-технический сборник по геодезии. – М.: ФГУП «ЦНИИГАиК», 2011. – 150 с.
36. Бузук В. В. Геодезический мониторинг физической поверхности Земли регионах // Вестник СГГА. – 2001. – Вып. 6. – С. 3–5.
37. Дорогова И. Е. Изучение движений и деформаций земной коры на геодинамическом полигоне Таштагольского железорудного месторождения // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 7–11.
38. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 3–11.
39. Колмогоров В. Г. К вопросу о возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.
40. Назаров Л. А., Назарова Л. А., Козлова М. П. Прогноз параметров землетрясения по геодезическим данным // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 20–24.

Получено 27.10.2014

© В. Г. Колмогоров, В. И. Дударев, 2014