

УДК 528

## **АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СОПОСТАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ И ЛОКАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ О СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

---

**Абрамович Ольга Константиновна**

*Старший преподаватель кафедры «Нефтегазоразработка  
и Гидропневмоавтоматика» Гомельского государственного  
технического университета им. П.О. Сухого*

*Проанализированы ведомости сопоставления нивелирных работ, выполненных в рамках государственной программы геодезического обеспечения территории Республики Беларусь и локальных научно-исследовательских работ. Проведен анализ современных, протекающих в реальном масштабе времени, деформационных процессов в зонах разломов, выявленных по данным многолетних геодезических наблюдений и наблюдений, выполненных с повышенной пространственно-временной детальностью в научных целях. Предложена модель современной блоковой динамики литосферы территории города Гомеля.*

**Ключевые слова:** *геодинамика, нивелирование, ведомости сопоставления, вертикальные движения земной коры, тектоническое поле напряжений, блоки, зоны активных разломов, деформационная сеть, репер, период наблюдений.*

\*\*\*\*\*

В настоящее время современную геодинамику можно рассматривать как научно-практическое направление, достаточно хорошо поддерживаемое геодезическими и геофизическими методами исследований, начало которому было положено ещё в XIX веке. Вертикальные и горизонтальные движения земной коры на всех территориальных уровнях в современной геодинамике являются одновременно объектом наблюдений и объектом интерпретации. Повышенное внимание заслуживают наиболее мобильные и активные структуры литосферы, которыми являются разломные зоны. Основопологающим методом изучения деформационных процессов земной поверхности стал геодезический, геофизические исследования гармонично

его дополнили позже с высокой степенью корреляции результатов. Наклонно-деформометрические измерения выполнялись и первично обрабатывались по сравнительно простой методике, но с хорошей результативностью. Однако методы прединтерпретационной обработки и самой интерпретации результатов сопоставления повторных нивелировок многие специалисты считают неоднозначными. Для научных и практических целей исследователями в области развития геодинамических процессов земной коры для регионов значительных по площади и для множества локальных сетей были построены «Карты скоростей современных вертикальных движений земной коры». Информативность карт зависит от ряда факторов, например, от опорной информации или от детальности исследований. Если сравнить карты, составленные за разные периоды и разными авторами, то можно заметить вполне закономерные индивидуальные черты и некоторые несоответствия, особенно, при коротко-периодических исследованиях на локальном уровне. Однако в большинстве случаев для значительных территорий наблюдаются устойчивые характерные особенности: выделяются протяжённые аномальные зоны, оконтуривающие блоки, которые в свою очередь имеют также блочную структуру. Основой метода выявления блочной структуры является различная интенсивность и направленность вертикальных движений отдельных участков по системе разновозрастных разломов разной глубины заложения. Поэтому оказалось вполне логичным сопоставление карт вертикальных движений с тектоническими, к построению которых привлекались исследования в рамках нескольких смежных наук о Земле.

В данной работе вниманию предложены результаты анализа ведомостей сопоставления ряда нивелирных работ, повторно выполненных по линиям государственного нивелирования и по полигонам в рамках научных исследований. При оценке тектонического поля напряжений в изложенных исследованиях был принят принцип «от общего к частному», начиная с выделения мегаблоков, вернее их следов, и в конечном итоге переходя к микроблочному строению массива. В качестве исходной региональной информации были приняты результаты обработки ранее выполненных на территории Беларуси нивелирных работ I и II классов.

Основной объём анализируемых работ был выполнен Предприятиями №5, №7 и №13 ГУГК за 1970-1985г.г., Московским и Украинским аэрогеодезическими предприятиями (1940-1948г.г.), Военно-топографическим управлением (1911-1915г.г.), Институтом геологии и разработки горючих ископаемых Миннефтепрома на протяжении 70-х и 80-х годов прошлого столетия, а также были включены работы по высокоточному нивелированию на территории Речицкого нефтепромысла, выполненные Предприятием №5 ГУГК в 1985 году. Практически все анализируемые линии перекрывались более поздними из представленного списка работ. При проведении сравнительного анализа на региональном уровне использовались уравненные значения превышений, а в процессе дальнейшей детализации сначала уравненные, а затем средние из измеренных в прямом и обратном направлении. По результатам определения скоростей современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) был построен линейный фрагмент карты СВДЗК в пределах южной и восточной частей территории Беларуси в виде ячеек 20'×30' (рисунок 1). В пределах территории Гомельской области были зафиксированы достаточно высокие и противоположно направленные значения скоростей вертикальных движений земной коры, что позволило выделить аномальные зоны, которые соответствуют зонам глубинных разломов, ранее установленных геолого-тектоническими

исследованиями, при этом фрагменты границ тектонических структур практически совпадают (рисунок 2).

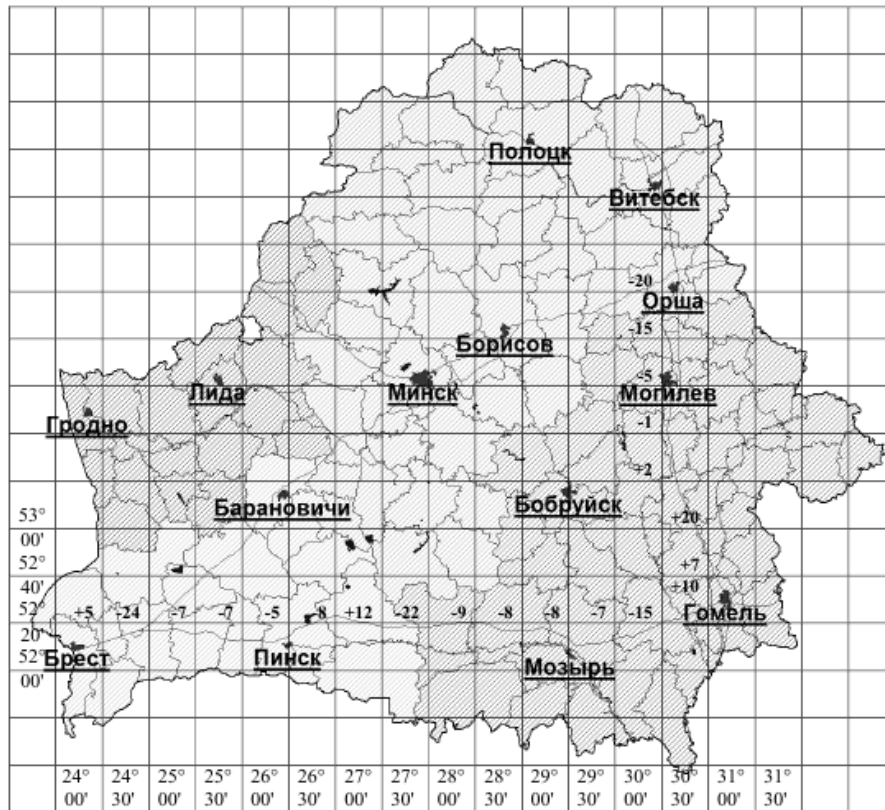


Рисунок 1 – Линейный фрагмент карты СВДЗК в пределах южной и восточной частей территории Беларуси

Исследовать детально территорию Гомельской области не представилось возможным из-за отсутствия равномерной по плотности информации.

При формировании деформационной сети на территории г. Гомеля из существующих нивелирных знаков принципиальное значение имел выбор исходного начала. Сеть должна быть расположена в пределах нескольких опорных пунктов, относительно которых фиксируются изучаемые деформации. К таким пунктам предъявляются повышенные требования в отношении неизменности их положения в течение длительного периода времени. Так как экзогенные процессы, порождающие значительные как обратимые, так и необратимые деформации и смещения в приповерхностной



Рисунок 2 – Тектоническая схема территории Беларуси

части земной коры, мешают изучению тектонических процессов, за исходные пункты при регистрации количественных характеристик деформационных процессов приняты фундаментальные репера с глубокой закладкой.

Один из таких реперов находится на западной окраине города (район Центролита), а другой в 15 км от него (ст. Прибор). Полевые работы выполнялись в рамках научно-исследовательской деятельности кафедры «Геология и разведка полезных ископаемых» Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины под руководством заведующих кафедрой Пинчука А.П. и Трацевской Е.Ю., а также в рамках деятельности Государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси» сотрудниками кафедры Абрамович О.К., Абрамовичем А.А., Верутиным М.Г., Паскару К.Г., Федосенко Л.Л. Были выполнены повторные профильные локальные и площадные нивелирные работы. На площадных построениях нивелирные сети, включающие около 300 знаков, имели вид полигонов, суммарный периметр которых составлял 200 км.

При локальных построениях профильные нивелирные линии формировались из существующих знаков вкрест предполагаемым разломам и разрывам. Длина профилей составляла от 2 до 7 км с расстоянием между реперами, в основном это 0,5...1,0 км. Данными параметрами определяется точность картирования преобладающего типа  $\gamma$ -аномалий. Положение пар смежных реперов показано на рисунке 3. Было выполнено геометрическое нивелирование II класса коротким лучом (до 40м) с погрешностью, не превышающей 3 мм/км с поэтапным исключением неперспективных для поставленной задачи линий. Использовались нивелирные знаки всех типов: стенные, грунтовые, фундаментальные репера, входящие в сеть I, II класса, включенные в выполненное геодезическими подразделениями за период с 1940 по 2005 годы государственное нивелирование. На основании ведомости сопоставления в целом по городской сети (площадные измерения) было обнаружено понижение центральной части города со средней (с 1940 по 2005 гг.) скоростью – 0,5 мм/год и поднятие окраин примерно с той же скоростью. Профильные локальные измерения позволили представить территорию

города в виде десяти сочлененных блоков и определить средние скорости и направления их вертикальных перемещений (таблица 1), которые также обозначены на рисунке 3.

Значение средних скоростей достаточно условны, они находятся в зависимости от выбранного периода наблюдений, и возможно знакопеременны. С уверенностью можно говорить только о наличии блоков и сохранении общей тенденции движения. Плотность задействованной нивелирной сети позволила выявить участки земной поверхности, имеющие различные скорости движений.

Сроки и объёмы повторных нивелирований были выбраны, исходя из анализа результатов обработки текущих полевых материалов, однако в среднем периодичность измерений принималась порядка двух месяцев. Практически все линии повторного нивелирования совпадают с ранее проложенными линиями I-II классов нивелирования в черте города. Однако при выборе наиболее обоснованных вариантов нивелирных линий учитывалось и геологическое строение территории.

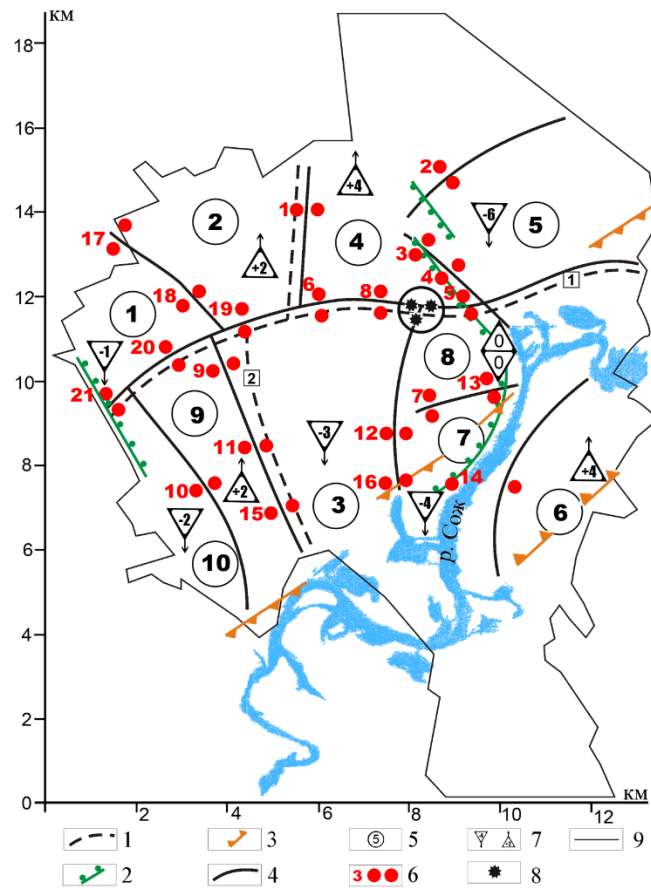


Рисунок 3 – Карта-схема блоковой структуры г. Гомеля.

1 – тектонические нарушения, установленные по геологическим данным; 2 – выраженная в рельефе кольцевая структура; 3 – региональная геоактивная зона; 4 – границы блоков; 5 – номера блоков; 6 – смежные пары деформационных знаков; 7 – вертикальные скорости и направления движения блоков; 8 – нивелирные знаки локальных исследований; 9 – граница города

Прямой и обратный ходы были проложены по одной и той же трассе по переходным точкам одного типа (костылям), число штативов было равным и чётным, места установок реек и нивелира отмечались, что позволило минимизировать систематические ошибки. Ведомости сопоставления составлялись по полевым ведомостям, то есть без учёта поправок за переход к нормальным высотам и уравнивания.

Таблица 1 – Характеристика движений структурно-тектонических блоков верхней части литосферы территории г. Гомеля за период 1940...2005 годы

№ блока	Характер движения дневной поверхности блока	Средняя скорость движения $v$ , мм/год	№ блока	Характер движения дневной поверхности блока	Средняя скорость движения $v$ , мм/год
1	Знакопеременные амплитуды движений без явного преимущества какого-либо знака	$\pm 3$	6	Положительные амплитуды	$+(3...4)$
2	Знакопеременные амплитуды движений с небольшим преобладанием положительных	$\pm(2...5)$	7	Отрицательные амплитуды	-4
3	Отрицательная амплитуда движений	$-(2...3)$	8	Знакопеременные амплитуды движений без явного преимущества какого-либо знака	$\pm(3...4)$
4	Знакопеременные амплитуды движений с явным преобладанием положительных	$+(2...5)$	9	Знакопеременные амплитуды движений с небольшим преобладанием положительных	$\pm(1...2)$
5	Знакопеременные амплитуды движений с явным преобладанием отрицательных	$-(6...7)$	10	Знакопеременные амплитуды движений с небольшим преобладанием отрицательных	$\pm(4...5)$

При нивелировании линий три и более раз были сопоставлены кроме смежных нивелировок ещё и результаты первого и последнего нивелирования. Интерпретация результатов полевых и предварительных камеральных работ позволила выявить:

- границы блоков земной коры, имеющих различные скорости вертикальных движений;
- зоны активных разломов;
- зоны, в которых не происходит накопление энергии.

К сожалению нельзя говорить о строгой однозначности результатов интерпретации, так как числовое значение  $\Delta h$  (разности превышений в разных циклах) может быть результатом взаимодействия ряда факторов:

- перемещения вещества литосферы на ее поверхности, определяемые экзогенными процессами и силой тяжести;
- ошибками измерений при двойном нивелировании;
- неотектоническими процессами перемещения вещества литосферы;
- влиянием техногенных нагрузок на ход естественных геологических процессов.

Объективность данных, полученных в результате обработки повторного нивелирования была подтверждена гравиметрическими наблюдениями, хорошо зарекомендовавшими себя в черте города с множеством помех.

С временным перекрытием были начаты работы по дальнейшему сгущению деформационной сети на стыке блоков 3, 4, 8 (рисунок 3). Схема нивелирных линий представлена на рисунке 4. Задействованы деформационные знаки, существовавшие на период проведения работ и знаки дозакладки.

Работы проводились в рамках кафедральных научных исследований и научно-исследовательской работы студентов с периодичностью минимум две недели. Дополнительно было заложено три ственных репера в корпусах Государственного университета имени Ф. Скорины. За опорные были приняты знаки, находящиеся на одном блоке по обе стороны от картируемых разломов.

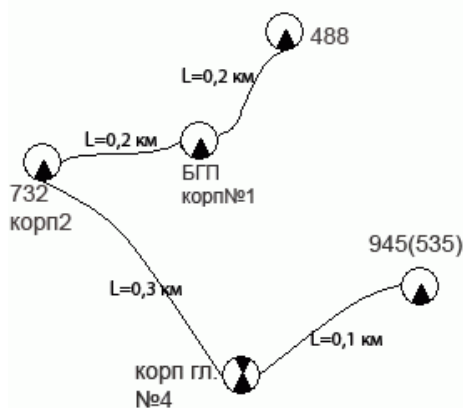


Рисунок 4 – Схема нивелирных линий сети на стыке блоков 3, 4, 8

Таким образом, скорости для деформационных знаков новой закладки определялись дважды с опорой на разные исходные ственные репера, находящиеся попарно на разных блоках. В результате обработки полевых материалов оказалось, что количественные деформационные характеристики в двух вариантах отличаются незначительно, в пределах допустимых

погрешностей, однако значения скоростей были значительно больше, чем в случае регистрации движения блоков, в среднем 4-6мм (рисунок 5).

Аналогичные исследования были проведены и на стыке 1, 9 и 10 блоков (рисунок 3) (в районе Гомельского химзавода), но значения скоростей были значительно меньше, несмотря на серьезную техногенную нагрузку в этом районе в виде отвалов отработанной породы. Очевидно, репера не попали непосредственно в разломную зону. На территории химзавода также потребовалась дополнительная закладка ственных реперов. Были разбиты два геодинамических полигона: по внешнему контуру и по внутреннему по территории завода, периметры которых отличались примерно в два раза. Северо-восточные части внутреннего и внешнего полигонов претерпевают подъем порядка 1 мм в год, причем максимальные значения приходятся на самую северную и восточную точки.

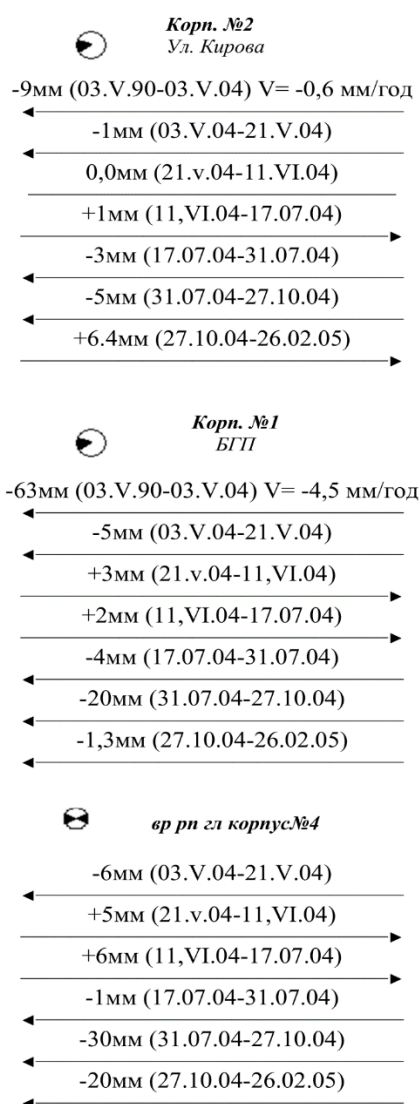


Рисунок 5 – Количественные данные короткопериодических деформационных процессов на стыке блоков 3, 4, 8



За начало отсчета принята отметка фундаментального репера, расположенного в районе станции Центролит.

Анализируя количественные характеристики деформационных процессов, мы явно столкнулись с проблемой «парадокса» скоростей деформаций, которая возникла в современной геодинамике после того, как были проведены первые сравнения скоростей современных движений земной коры, измеренных геодезическими методами, со скоростями, определенными по геолого-геоморфологическим данным. Выявленные знакопеременные движения земной поверхности компенсирует поднятия и опускания, поэтому не происходит значительных изменений естественных форм рельефа.

В геодинамике в настоящее время имеют место два предположения:

– активным элементом, формирующим современные аномальные деформации, является блок, а разлом выступает в качестве «пассивного» элемента;

– блоки являются «пассивными» элементами – вмещающей средой.

Зона разлома сама является источником аномальных движений.

Исходя из того, что при сгущении сети реперов высока вероятность попадания их непосредственно в разломную зону, при этом практически на порядок увеличиваются значения скоростей вертикальных движений, второй вариант является более приемлемым. Таким образом подтверждено предположение об автономном характере локальных деформационных процессов в разломных зонах.

#### Список использованных источников

1. Citation: Kuzmin Yu.O., 2014. Recent geodynamics of fault zones: faulting in real time scale. *Geodynamics & Tectonophysics* 5 (2), 401-443. doi:10.5800/GT-2014-5-2-0135.

\*\*\*\*\*

#### ANALYSIS AND INTERPRETATION OF COMPARISON RESULTS REGIONAL AND LOCAL INFORMATION ON MODERN GEODYNAMIC PROCESSES

The statements of comparison of leveling works performed within the framework of the state program of geodetic support of the territory of the Republic of Belarus and local research works are analyzed. The analysis of modern deformation processes occurring in real time in fault zones, identified according to long-term geodetic observations and observations made with increased spatial and temporal detail for scientific purposes, is carried out. A model of modern block dynamics of the lithosphere of the territory of the city of Gomel is proposed.

**Keywords:** geodynamics, leveling, comparison sheets, vertical movements of the Earth's crust, tectonic stress field, blocks, active fault zones, deformation network, reference point, observation period.

*Абрамович Ольга Константиновна, 2022*