К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ПУНКТОВ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

Мирмахмудов Эркин Рахимжанович
Доктор географических наук,
доц. кафедры Геодезия и геоинформатика, Национальный Университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
Ниязов Воҳиджон Рўзиевич
доцент кафедры Инженерная геоматика,
Самаркандский государственной архитектурно – строительный *Университет имени Мирзо Улугбека*,
Республика Узбекистан, г. Самарканд

TO THE QUESTION OF CHANGES IN THE GEOGRAPHIC COORDINATES OF THE POINTS WITHIN A GEODYNAMIC TESTING GROUND IN THE TERRITORY OF UZBEKISTAN

Erkin Mirmahmudov
Doctor of geografical sciences,
Associate Professor of Geodesy and Geoinformatics, National University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent
Vohidjon Ruziyevich Niyazov
Associate Professor, Department of Engineering Geomatics,
Mirzo Ulugbek Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering

O‘ZBEKISTON HUDUDIDAGI GEODINAMIK POLIGON PUNKTLARINING GEOGRAFIK KOORDINATLARINI O‘ZGARTIRISH MASALASI BO‘YICHA

Mirmaxmudov Erkin Raximjanovich
Geografiya fanlari doktori
Geodeziya i geoinformatika kafedrasi dotsenti,
O‘zbekiston Milliy Universiteti,
O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent sh.
Niyazov Vohidjon Ro‘ziyevich
Geomatika muhandisligi kafedrasi dotsenti,
Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura – qurilish universiteti,
O‘zbekiston Respublikasi, Samarqand sh.

АННОТАЦИЯ. В этой статье говорится об оптических и радиометрических методах наблюдений небесных тел для определения координат пунктов и их изменений. Анализируется роль астрометрических наблюдений звезд при определении изменений географических координат. Описывается методика определения поправки к опорной системы координат на основе позиционных наблюдений внегалактических объектов. Использование геодинамических полигонов в геолого-тектонических районах отмечается в данной работе. Особое внимание уделяется GPS измерениям по международной программе “CATS”. С целью исследования деформационных процессов предлагается проводить систематические ГНСС измерения на Ташкентском геодинамическом полигоне. Для метрологического обеспечения навигационных измерений предлагается создать Центрально-Азиатский ГНСС полигон.

ABSTRACT. In this article deals with optical and radiometric methods of observing celestial bodies to determine the coordinates of points and their change. Observations of stars are analyzed astronomical to determine the non-polar change in the axis of rotation of the Earth. A technique for determining the zero point of the reference coordinate system based on positional observations of extragalactic objects is described. The use of geodynamic polygons in geological-tectonic regions is noted in this work. Special attention is paid to GPS measurements according to the international program “CATS”. In order to study deformation processes, it is proposed to carry out systematic GNSS measurements at the Tashkent geodynamic polygon. For metrological support of navigation measurements, it is proposed to create a Central Asian GNSS polygon.

АННОТАЦИЯ. Ushbu maqolada koordinatalar va ularning o‘zgarishlarini aniqlash uchun fazoviy jismlarni kuzatishning optik va radiometrik usullari muhokama qilinadi. Yulduzlarning astrometrik kuzatuvlarining geografik koordinatalardagi o'zgarishlarni aniqlashdagi roli tahlil qilinadi. Galaktikadan tashqari obyektlarning pozitsion kuzatuvlariga asoslangan mos yozuvlar koordinatalari tizimiga tuzatishlarni aniqlash metodologiyasi tasvirlangan. Ushbu maqolada geologik va tektonik mintaqalarda geodinamik sinov maydonchalaridan foydalanish muhokama qilinadi. Xalqaro CATS dasturi doirasida GPS o'lchovlariga alohida e'tibor qaratilgan. Deformatsiya jarayonlarini o'rganish uchun Toshkent geodinamik sinov maydonchasida tizimli GNSS o'lchovlari taklif etiladi. Navigatsiya o'lchovlarini metrologik qo'llab-quvvatlash uchun Markaziy Osiyo GNSS sinov maydonchasini yaratish taklif etiladi.

Ключевые слова: тектоника плит, деформации, геодинамический полигон, движение полюса, координаты, ГНСС, CATS.

Keywords: plate tectonics, deformations, geodynamic polygon, pole movement, coordinates, GNSS, CATS.

Kalit so‘zlar: tektonik plita, deformatsiya, geodinamik poligon, qutbning harakati, koordinata, GNSS, CATS.

В конце XIX века было доказано, что по астрономическим наблюдениям звезд можно выявить изменения координат пунктов, связанные с неравномерностью оси вращения Земли и перемещением масс внутри планеты. Многолетние меридианные наблюдения геодезических звезд привели к гипотезе об изменчивости географической широты и долготы, вызванные не только прецессионно-нутационными движениями, но и внутренними процессами [1]. Благодаря применению кварцевых, а затем атомных часов, были вычислены величины приливных деформаций, которые оказывают воздействие на направление ускорения силы тяжести и параметры вращения Земли. Такие деформационные процессы, конечно же, непосредственно приводят к изменениям координат пунктов геодезической сети. Необходимость повышения точности координат пунктов и определения геодезических постоянных связаны с новыми комплексами, создаваемыми на базе ГНСС и спутниковой альтиметрии. Достоверные результаты изменений координат можно получить на геодинамических полигонах, расположенных в различных геолого-тектонических регионах (рис. 1). Это дает возможность сравнить не только внутренние деформации, но и другие геоморфологические изменения [2].

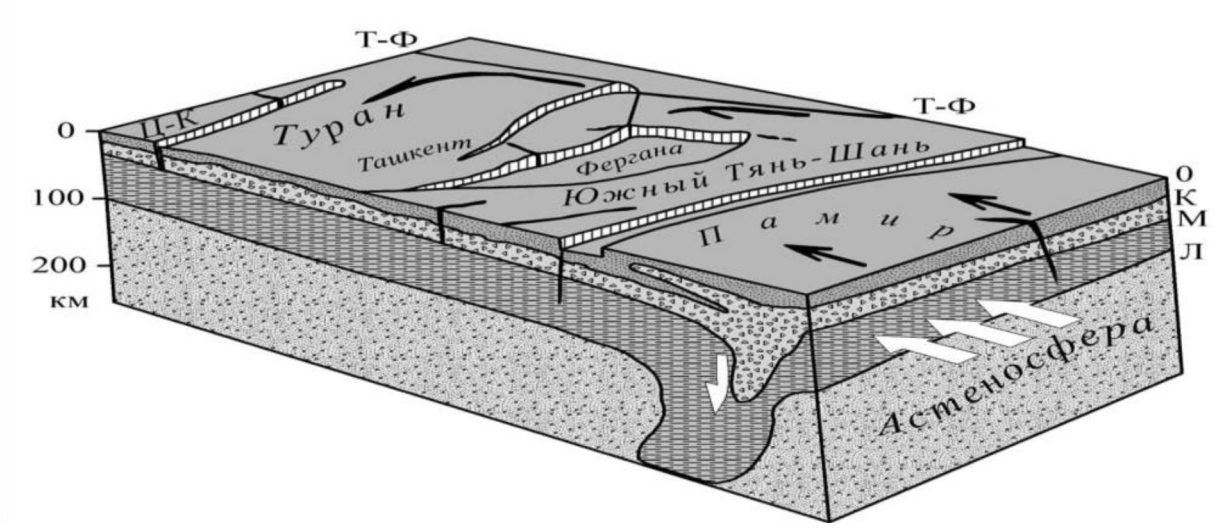


Рисунок 1. Схема тектонических разломов

Например, для изучения горизонтальных смещений применяются высокоточные триангуляционные измерения, по результатам уравнивания можно уверенно определить смещение центра знака и репера. Многократные повторные нивелирования I и II класса на Ташкентском геодинамическом полигоне привели к тому, что имеется корреляция между

изменениями скоростей вертикальных движений и деформациями земной коры [3]. Обычно, измерения выполняются классическими инструментами и приборами, на обработку которых требуется значительное время и большой объем вычислительных машин. В связи с этим, были начаты поиски путей оптимизации наблюдений и решений системы дифференциальных уравнений поправок к координатам геодинамических сетей.

С прогрессом современной техники, как лазерная локация ИСЗ, доплеровские наблюдения спутников, радио интерферометрические наблюдения внегалактических радиоисточников, ГНСС измерения, повысилась точность определения положений, что позволила интерпретировать не только модель геоида, но и зафиксировать незначительные изменения тектонических плит [4]. Поскольку часть территории Центральной Азии находится на стыке трех глобальных и двух локальных плит (рис.2), то возникает проблема определения величин подвижек этих участков.

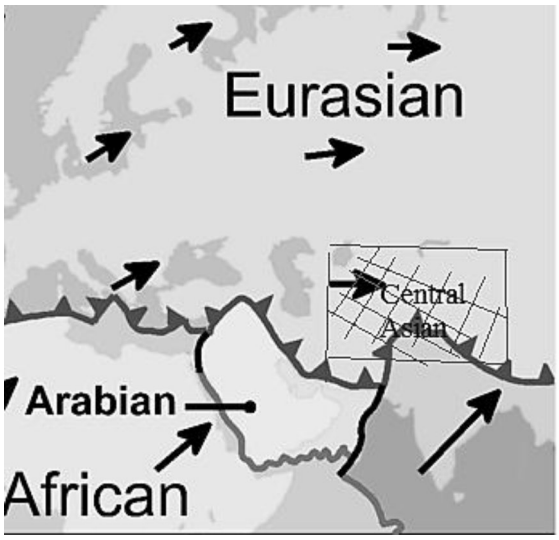


Рисунок 2. Схема расположения территории Центральной Азии

Естественно, учет параметров тектонических сдвигов существенно оказывает влияние на точность вычисления геоцентрических координат, которые выражаются формулой

$$\vec{R}(t_0) = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H)\cos B \cos L \\ (N+H)\cos B \sin L \\ \left[N\left(1-e^2\right)+H\right]\sin B \end{bmatrix} \qquad (1)$$

$$\vec{R}(t_0) = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H)\cos B\cos L \\ (N+H)\cos B\sin L \\ [N(1-e^2)+H]\sin B \end{bmatrix} \qquad (1)$$

где *a, e* – большая полуось и эксцентриситет (*a* = 6378137.000 м, e^2 = 0.00669438), *B, L* – широта и долгота, *H*- ортометрическая или нормальная высота, *N* – радиус кривизны эллипсоида в первом вертикале, который имеет вид

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}}. \qquad (2)$$

Следовательно, изменения координат можно представить частными производными радиуса вектора по переменным *B, L, H,* где дифференциалы к проекциям осей *X, Y, Z* это разность величин между двумя эпохами [5]

$$d\vec{R} = \frac{\partial\vec{R}}{\partial B}dB + \frac{\partial\vec{R}}{\partial L}dH + \frac{\partial\vec{R}}{\partial H}dH. \qquad (3)$$

При выполнении научно-практических задач оперировать мгновенными координатами (X, Y, Z), изменяющимися во времени, неудобно, т.к. не изучены причины изменений координат этих пунктов. Их нужно редуцировать на определенную эпоху и эллипсоид, а пользоваться ими до тех пор, пока не возникнет необходимость перехода к координатам другой эпохи. Текущий геоцентрический радиус-вектор пункта может быть представлен выражением [6]

$$\vec{R}(t) = \vec{R}_0 + \dot{\vec{R}}_0(t - t_0) + \sum_i \Delta_i\vec{R}(t), \qquad (4)$$

где $\vec{R}_0$ – положение в эпоху t_0, $\dot{\vec{R}}_0$ – скорость в эпоху t_0, $\Delta_i\vec{R}(t)$ – параметры смещения, вычисляемые по формулам теории приливов. Другие параметры, связываемые с Землей, в том числе и коэффициенты разложения геопотенциала к земной опорной системе координат. Если для некоторой станции скорость $\vec{R}_0$ в ITRF еще не определена из наблюдений, то она должна определяться как сумма скоростей:

$$\dot{\vec{R}}_0 = \dot{\vec{R}}_{plate} + \dot{\vec{R}}_r \qquad (5)$$

где $\dot{\vec{R}}_{plate}$ – горизонтальная скорость, вычисляемая по модели движения тектонических плит NNRNUVEL1A, а $\dot{\vec{R}}_r$ – остаточная скорость.

Методы наблюдений. Первые работы по определению географической широты пункта и ее изменения выполнены сотрудниками Ташкентской астрономической обсерватории (ТАО) на основе вычислений зенитных расстояний близ полюсных звезд в 1890-1900. Профессором Померанцевым И.И. (1897) получены разности между астрономическими и геодезическими координатами для территории Ферганской долины, по результатам которых была разработана фигура геоида указанного района. Позже, в 1948 предложена идея о регистрации дрейфа материков на основе долготных определений, но эта идея осталась на теоретическом уровне из-за низкой точности пассажных и меридианных инструментов [7-9].

Одним из авторов данной статьи была предпринята попытка определения скорости изменения мгновенного полюса на основе результатов 5 международных широтных станций. Общее уравнения разности мгновенной и средней широты имеет вид

$$\varphi - \varphi_0 = x\cos\lambda + y\sin\lambda + z, \qquad (6)$$

где φ, φ_0 – мгновенное и вычисленное значение широты; x, y– координаты небесного эфемеридного полюса, определенного с помощью теории прецессии и нутации, λ – долгота станции, z– зет член.

Интерполированием или экстраполированием можно достичь такого момента, чтобы средняя эпоха наблюдений была одинаковой для всех пяти станций МСДП. Уравнение для вычисления координат полюса можно записать следующим образом

$$\begin{aligned} x &= -0.4359\Delta\varphi_M + 0.1227\Delta\varphi_K + 0.4483\Delta\varphi_C + 0.1232\Delta\varphi_G - 0.2583\Delta\varphi_U, \\ y &= -0.2636\Delta\varphi_M - 0.3133\Delta\varphi_K - 0.0172\Delta\varphi_C + 0.3382\Delta\varphi_G + 0.2559\Delta\varphi_U, \\ z &= +0.2305\Delta\varphi_M + 0.2007\Delta\varphi_K - 0.1755\Delta\varphi_C + 0.1850\Delta\varphi_G - 0.2082\Delta\varphi_U \end{aligned} \qquad (7)$$

где индексы *M, K, C, G, U* обозначают названия станций.

В результате анализа большого массива широтных данных скорость движения полюса составила 2.5 см в год.

Наиболее детальные исследования изменяемости параметров ориентации Земли были произведены Астрономической обсерваторией г. Братиславы (Словакия) на основе всех классических широтных наблюдений с 1899 по 1973 [10]. Результаты, полученные разными обсерваториями, включая результаты Китабской широтной станции (Узбекистан) на интервале с 1930 по 1978, были использованы для окончательного вычисления скорости пункта. Несмотря на трудоемкую работу, полученные результаты международной службы движения полюса и международного бюро времени представляют уникальный банк данных для дальнейших исследований фигуры Земли (рис. 3).

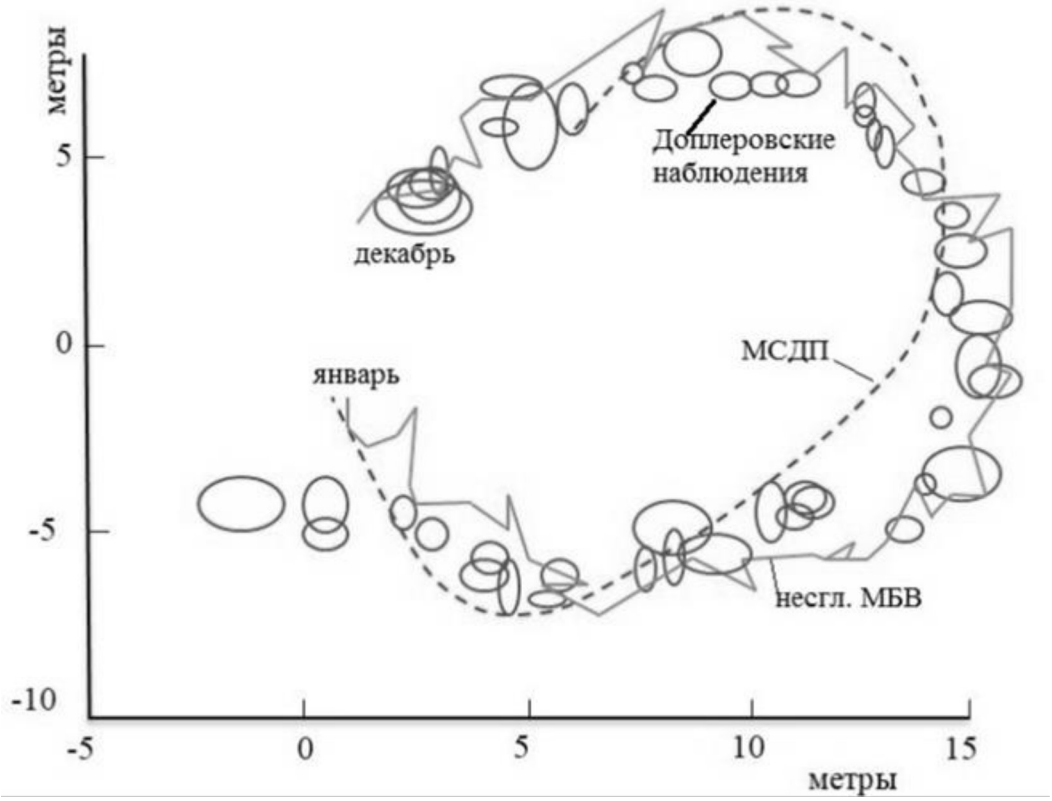


Рисунок 3. Движение полюса различными методами

Появление высокоточных лазерных дальномеров сократило время обработки измерений, а также дало основание к уточнению геометрических и физических параметров эллипсоида Земли.

С 1979 по 2003 г. на измерительном комплексе Майданак (Узбекистан) произведены непрерывные наблюдения геодезических и геофизических спутников ЛАГЕОС, TOPEX/Poseidon, ERS1,2 с помощью системы измерения дальности. Основная трудность лазерных измерений - это установка точного положения ИСЗ по азимуту и высоте на датчике визирования, которая зависит не только от цены деления лимбов, но и от эфемеридных положений объекта. В результате появляется систематические ошибки, обусловленные не корректностью метода наблюдений ИСЗ. Для определения систематических ошибок были произведены лазерные наблюдения 2GPS и 2GLONASS, на которых установлены уголковые отражатели [11]. Регулярные измерения расстояний до космических объектов позволили оценить влияние притяжения Земли и атмосферы на траекторию движения спутника, используя модели Земли, представляющие собой нормированных коэффициентов *Cnm, Snm* разложения геопотенциала по сферическим функциям. Высота геоида ζ в точке со сферическими координатами *r, φ, λ* может быть вычислена по формуле

$$\zeta = \frac{GM}{ry}\left[1 + \sum_{n=2}^{n_{max}} \sum_{m=0}^{n} \left(\frac{a}{r}\right)^n \bar{P}_{nm}(\sin\varphi)\left(\bar{C}_{nm}\cos m\lambda + \bar{S}_{nm}\sin m\lambda\right)\right], \qquad (8)$$

где a – большая полуось, $\bar{C}nm$, $\bar{S}nm$–нормализованные гармонические коэффициенты, λ, φ – долгота и широта, GM– гравитационный параметр Земли, $\bar{P}nm(\sin\varphi)$– нормализованные присоединенные функции Лежандра.

Из оптических методов только лазерные измерения используются при исследовании геодинамических процессов и определения параметров общеземного эллипсоида. Но наземные геодезические измерения на пунктах геодезической сети не утратили своего значения, т.к. разработка высокоточных геодезических инструментов, электронных тахеометров, лазерных сканеров привела к необходимости исследовать координаты пунктов на предмет стабильности. Хотя классические методы дают основания для исследования деформации земной коры, но их слабое место - невозможность иметь непрерывные данные о ходе процесса. Они считаются надежным способом распознавания вековых сдвигов поверхности, а проводить частые повторные геодезические измерения настолько трудно, что фактически можно узнать лишь осредненную картину событий, происшедших за длительный период наблюдений.

В 1980-2003 гг. аэрогеодезическим предприятием Узбекистана выполнены линейно-угловые измерения геодезических пунктов Ташкентского геодинами-ческого полигона [12]. По результатам повторного нивелирования определены скорости пунктов в пре-делах 3.24 см/год. Чтобы определить движение микро-плиты, надо иметь данные не менее трех циклов высотных измерений, где разность между двумя циклами будет соответствовать общей тенденции дви-жения. Однако этот метод нивелирования позволяет исследовать только вертикальную составляющую, а для горизонтальных смещений должны быть ис-пользованы методы триангуляции и трилатерации.

Разработка высокоточных электронных тахео-метров стали универсальными и мобильными, можно автоматически производить отсчет по кругам и одновременно измерить расстояние до пункта, где установлен отражатель (рис.4).

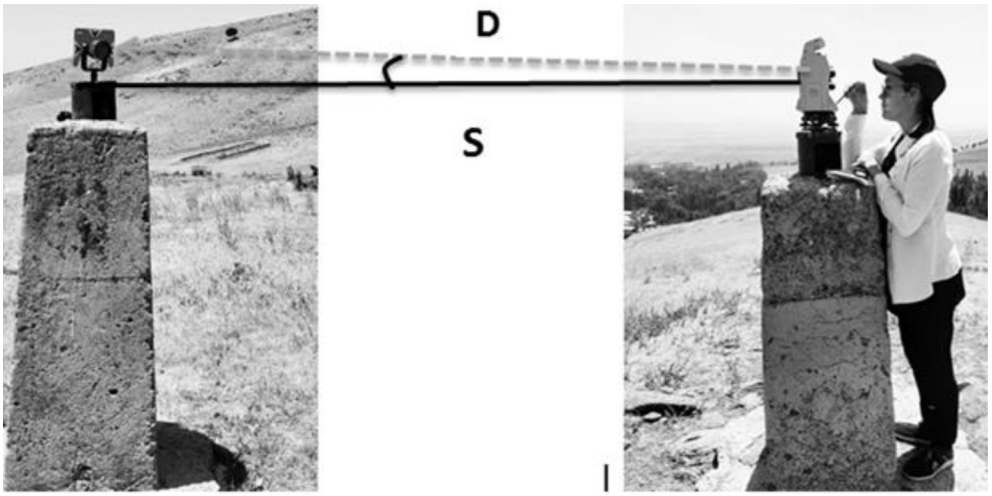


Рисунок 4. Измерение расстояний между пунктами

Такой принцип дает возможность определять координаты, наклонное расстояние и превышение методом тригонометрического нивелирования. Если же рассматривать смещение геодезической сети, то здесь придется учесть всю процедуру редукции расстояния, углов и координат на эллипсоид по принципу Лежандра. Для исследования кинематических параметров наиболее оптимальным является оценка точности независимых параметров геодезической сети. Обычно по геофизическим и геологическим измерениям находят зоны, которые наиболее чувствительны к деформациям и тектоническим действиям, где организуются геодезические построения в виде четырехугольника [13]. На этих локальных участках выполняются высокоточные линейно-угловые измерения. При этом две стороны этой фигуры должны быть расположены на разных блоках или вершинах, примерно параллельно направлению разлома. Например, для геодинамического полигона “Таваксай” можно использовать несколько четырехугольников, пункты которых расположены на вершинах холмов, где проходит Каржатауский разлом (рис.5).

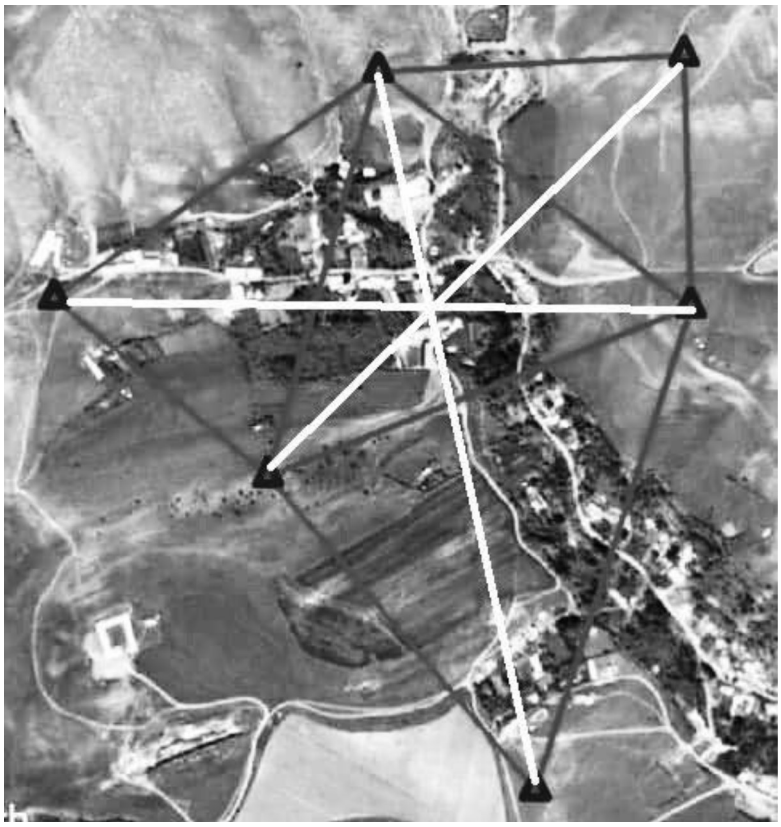


Рисунок 5. Схема геодезического четырехугольника

Таким образом, геодезический метод определения деформации плит является наиболее эффективным и экономичным по сравнению с другими методами. Но самой сложной и трудоемкой в этом методе является геометрическое нивелирование рельефа холмистой местности.

В 1995 году создана международная программа “Геодинамика”, которая объединила радиотелескопы евразийской части Земли в единую радио интерометрическую сеть с целью определения движения литосферных плит. В качестве реперных точек были использованы квазары и активные ядра галактик, с помощью которых можно отследить местоположение телескопа с высокой точностью. Для того чтобы обрабатывать современные данные, необходимо использовать несколько релятивистских систем отсчета. Например, в 1998 году международная небесная опорная система отсчета (ICRF) была реализована на основе высокоточных экваториальных координат 608 внегалактических радиоисточников. В результате регулярных наблюдений этих объектов была произведена оценка точности инерциальной системы отсчета.

Астрономический институт АН РУ также участвовал в наблюдениях радиооптических астрономических источников с помощью двойного астрографа Цейсса в Китабе (рис.6).

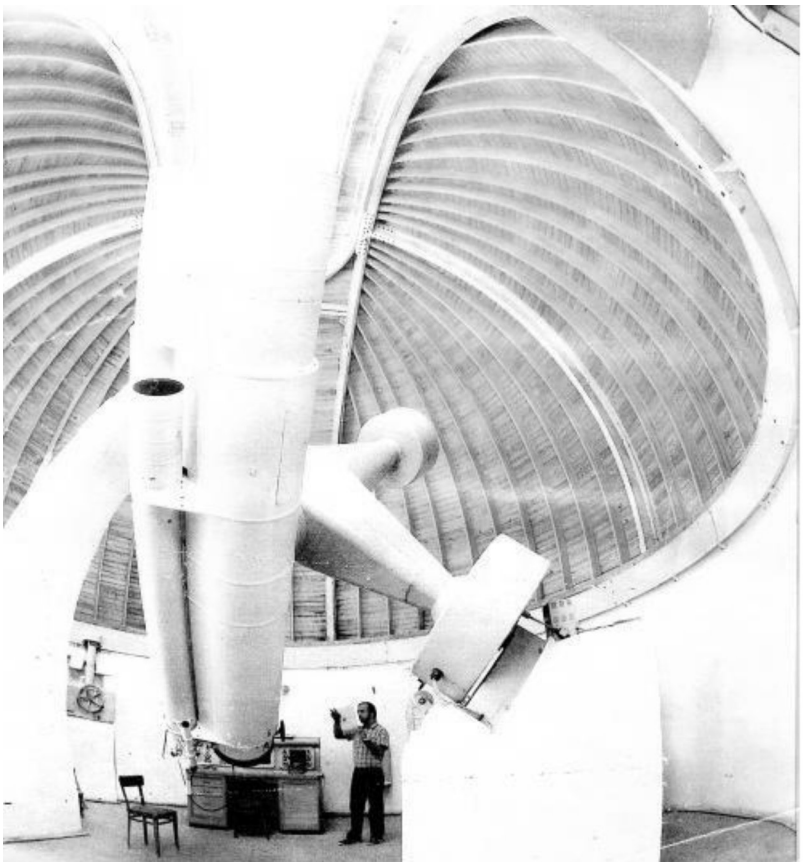


Рисунок 6. ДАЦ в Китабе

Было получено несколько снимков с изображениями радиоисточников по программе “ROAS”, организованной Главной астрономической обсерваторией (Пулково, Россия). Один из авторов данной статьи активно принимал участие в наблюдениях этих объектов и вычислениях экваториальных координат относительно фундаментального каталога звезд AGK3[14]. Полученные изображения радиоисточников на астропластинках размером

30х30см хранятся в стеклянной библиотеке АИ АН РУз. и могут быть обработаны на основе высокоточных звездных ката- логов. Помимо этого, Астрономический институт участвовал в уточнении нуль-пункта фундаментального каталога звезд и координатного обеспечения астрометрического спутника “Hipparcos”. По результатам позиционных измерений выявлено колебание нуль пункта фундаментального каталога звезд FK-5, PPM (рис.7).

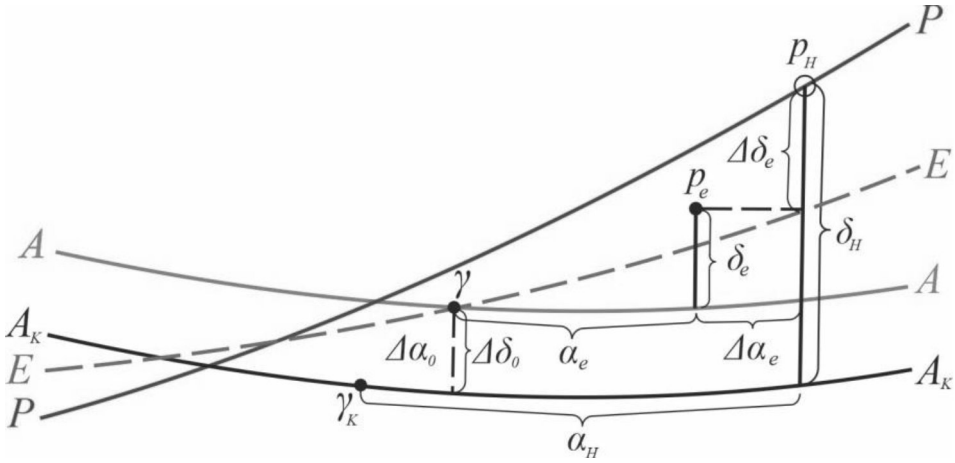


Рисунок 7. Поправки нуль пункта инерциальной системы координат

Поскольку измерения производятся с Земли в системе ITRF, то вычисленные положения наблюдателя и объекта необходимо перевести в систему BRF. Изменение точки пересечения экватора и эклиптики можно выразить через поправки элементов орбит небесного тела

$$(\Delta\alpha_e)_p = \frac{\partial\alpha}{\partial\Omega}\Delta\Omega + \frac{\partial\alpha}{\partial i}\Delta i + \frac{\partial\alpha}{\partial a}\Delta a + \frac{\partial\alpha}{\partial e}\Delta e + \frac{\partial\alpha}{\partial\omega}\Delta\omega + \frac{\partial\alpha}{\partial M_0}\Delta M_0,$$

$$(\Delta\delta_e)_p = \frac{\partial\delta}{\partial\Omega}\Delta\Omega + \frac{\partial\delta}{\partial i}\Delta i + \frac{\partial\delta}{\partial a}\Delta a + \frac{\partial\delta}{\partial e}\Delta e + \frac{\partial\delta}{\partial\omega}\Delta\omega + \frac{\partial\delta}{\partial M_0}\Delta M_0, \qquad (9)$$

Использование наблюдений различных космических объектов даст наивероятнейшую величину поправки к каталогу звезд [15].

Запуск навигационных спутников системы “Navstar” привели к более эффективному способу определения координат пунктов. Появилась возможность более точно и оперативно определять скорости смещения не только пунктов, но и целых регионов, что побудило международным организациям организовать различные миссии по изучению гравитационного поля и тектоники плит. Одной из таких миссий была программа по изучению деформации Центрально-Азиатского региона CATS, организованной центром изучения Земли г. Потсдам, Германия [16]. Целью программы было определение величин вертикальных и горизонтальных перемещений микроплит ЦА на интервале с 1992 по 1998 (Таб. 1).

Таблица 1.

Отклонение координат пунктов CATS сети между циклами

Станция	**ΔX(1994-92)**	**ΔY(1994-92)**	**ΔZ(1994-92)**	**ΔR(1994-92)**

djan	-0.0257	0.0345	0.0346	0.098
kitb	-0.0692	-0.0213	-0.0056	0.076
okto	-0.0595	-0.0054	-0.0024	0.061
dena	-0.0455	0.0184	0.0143	0.046
sanz	-0.0769	-0.0419	-0.0435	0.098
circ	-0.0519	-0.0263	-0.0173	0.061
alma	-0.0512	0.0041	0.0033	0.051
sary	-0.0462	-0.0176	0.0026	0.049
mada	-0.0589	0.0195	0.0050	0.063

Из таблицы 1 видно, что на таком коротком интервале времени, как 2 года, величина скорости достигает 4 см в год. Значение скаляра результирующего вектора вычислено в предположении о линейности тренда, т.е. был использован кинематический характер движения. На основе разностей координат между циклами была построена гистограмма, где по горизонтальной оси приведены условные обозначения пунктов, а по вертикальной оси – величина вычисленной скорости (рис.8).

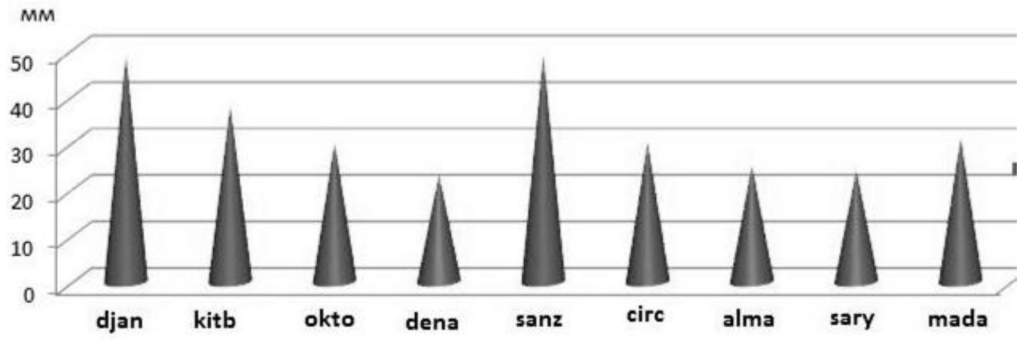


Рисунок 8. Годовое смещение координат пунктов CATS сети

Из рисунка 8 видно, что координаты всех станции CATS сети подвержены изменению с течением времени, что говорит о тектонических сдвигах между плитами и локальных деформационных процессах. Так как с момента установки пунктов CATS прошло более 20 лет, то вопросов сохранности и устойчивости этих пунктов является своевременным. Из 80 пунктов этой сети, установленных на территории Центральной Азии, 11 инсталлированы на территории Узбекистана. Рекогносцировка некоторых пунктов с помощью мобильного навигатора показала, что приведенные координаты соответствуют системе координат WGS84[17].

Современные геодезические инструменты и приемники глобальной навигационной спутниковой системы внедрены во все области производства. Отсутствие метрологической службы Узбекистана приводит к определенным трудностям при уравнивании геодезических сетей обширных территорий, а также при проведении необходимой регулярной полевой калибровки геодезических инструментов. В [18] предложен четырехугольный ГНСС полигон Центральной Азии, который будет основным ме-стом

метрологического обеспечения современных геодезических приборов. Но, для исследования локального перемещения наиболее оптимальным и достоверным способом является создание геодинамических полигонов в окрестности разломов или построение специальных пунктов в сейсмоактивной зоне. Учитывая это, целесообразно организовать глобальный геодинамический полигон ЦА для тестирования современных спутниковых приемников. Действующие GPS сети являются локальными и не связаны между собой, а государственная геодезическая сеть не уточнялась и не корректировалась в течение 20-30 лет. Возникает задача о повышении точности координат пунктов геодезических сетей и модификации ГНСС сети. Наиболее оперативным способом является создание полигона, состоящего из четырехугольника, вершинами которого могут быть международные IGS станции Китаба и Бишкека, а также пункты CATS Кизилсу и Коктол (рис.9).



Рисунок 9. Схема ГНСС полигона ***ЦА***

В Узбекистане имеются три постоянно действующих спутниковых станций (IGS, IDS, CHAMP), одна станция лазерной локации (SLR) на горе “Майданак” и 50 ГНСС станций, работающие в реальном времени. На территории Киргизии также инсталлирована одна международная IGS станция в г. Бишкек. Помимо этого, на территории ЦА построены высокоточные GPS пункты по международной программе CATS. Несмотря на мощный скачок ГНСС, оптические методы не утратили своего значения, но предпочтение отдается радиоизмерениям космических тел из-за всепогодности и оперативности. Поэтому в 2018 году вновь обращено внимание на наземный радиотехнический комплекс “Суффа”, расположенный в районе Заамин, Джизаксой области (Узбекистан), где сейчас ведутся проектно-монтажные работы. Недалеко от обсерватории “Майданак” на горе “Санглок”, расположенной в Таджикистане, ведутся работы по мониторингу космических тел в

оперативном режиме (рис.10). Такая же измерительная система “Сарышаген” была сооружена вблизи озера Балхаш, Казахстан.

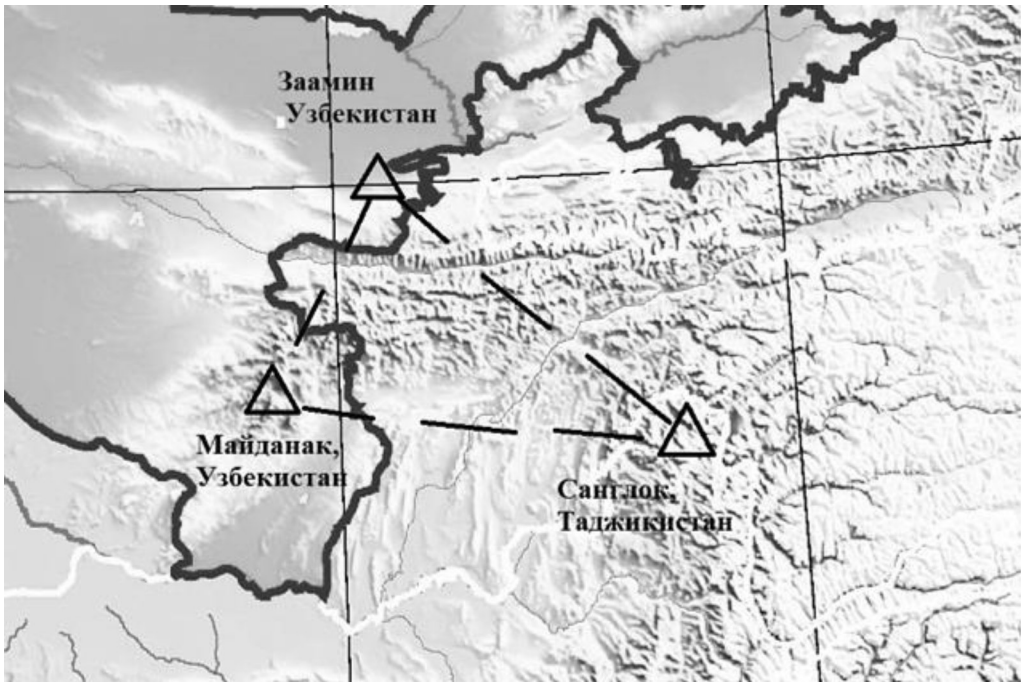


Рисунок 10. Центры наблюдений космических тел в ЦА

Геометрическая конфигурация измерительных систем ЦА позволит более точно произвести привязку геодезических измерений, выполненных топогеодезическими организациями. Взаимосвязь ГНСС пунктов, станций лазерной локации и радиотехнической обсерватории “Суффа” создает предпосылки к разработке единой системы координат, которая будет иметь научно-практическую значимость, охватывающая все отрасли народного хозяйства вплоть до межреспубликанских проектов. На начальном этапе проектирования следует произвести предварительный расчет точности координат вершин и внутренних углов полигона, используя географические координаты указанных обсерваторий (Таб.2).

Таблица 2.

Координаты пунктов наблюдений за космическими объектами

Названия	**L**	**B**	**H(м)**	**Республика**
Майданак	66°56'35.76"	38°41'08.24"	2731	Узбекистан
Суффа	68°26'50.70"	39°37'25.87"	2338	Узбекистан
Санглок	69°13'26.14"	38°17'06.88"	2079	Таджикистан
Сарышаген	73°31'05.00"	45°50'33.10"	358	Казахстан

Для реализации вышеуказанных предложений необходимо привлечь зарубежных специалистов к международному проекту и оснастить ЦА ГНСС полигон современными компьютерными технологиями и программными обеспечениями. Первым шагом такой реализации был договор о научно-техническом сотрудничестве между Национальным

университетом Узбекистана и лабораторией геодезического анализа Земли и космического пространства (Ковильян, Португалия).

Заключение. Использование оптических и радиотехнических измерений даст весомый вклад при исследовании пространственных движений микроплит на коротком и длительном интервалах времени. Установление связи между современными вертикальными движениями земной коры и тектоническими движениями прошлых геологических периодов раскроет закономерности изменения земной коры. Благодаря применению навигационных приемников появилась возможность вносить коррективы в систему координат (рис. 12). Такие уточнения довольно редки, поскольку система координат должна быть довольно жесткой.

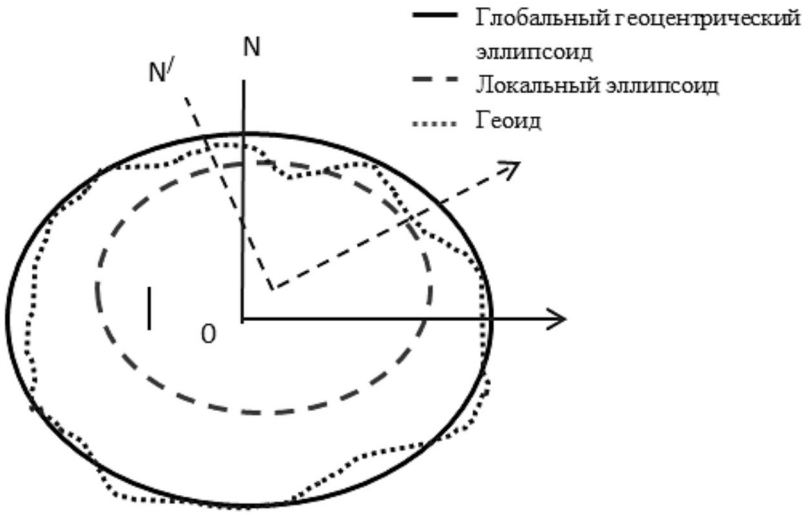


Рисунок 12. Схема эллипсоидов

Из выше описанного можно сделать вывод, что использование астрономических, геодезических, геофизических и ГНСС измерений приведет к точному анализу геодинамических перемещений отдельных участков, хотя уже много лет в Узбекистане функционируют центры, отделы и факультеты по исследованию геодинамических процессов, которые решают отраслевые задачи в силу своих технических возможностей. Геодезические методы не утратили своего значения и, в перспективе, могут быть использованы как основной способ анализа локальных сдвигов в окрестности строящихся гидросооружений и карьеров. В будущем должна быть разработана региональная система отслеживания геодинамических явлений с помощью высокоточных геодезических и астрономических наблюдений.

Список литературы:

1. Мубораков Х., Мирмахмудов Э., Камилов Б. Современное состояние геодезических работ на ташкентском геодинамическом полигоне// Universum: технические науки: электрон. научн. журн. Москва, 2020. №5(74). С. 56-59.

2. Altiner Y. Analytical surface deformation theory for detection of the Earth's crust movements. Spring-Verlag. Berlin. Heilderberg.1999. - 102c.

3. Khojiev S.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov O'.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon // Universum: технические науки: электрон. научн. журн., Часть 3, 3(84), 2021. P. 60-64. DOI - 10.32743/UniTech.2021.84.3-4

4. Vondrak J. Calculation of the new series of the Earth orientation parameters in the Hipparcos reference frame // Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia. –1991, Vol.42. – № 5 – PP. 283-294.

5. Мирмахмудов Э.Р. Ниязов В.Р., Тошонов Б., Махаматова В. Анализ метода трилатерации для локальных изменений координат пунктов на геодинамическом полигоне "Таваксай" // Научный журнал: 7 Universum. Москва, 2021. №6 (87). 28-31.

6. Frike W., Kopff A. Fourth Fundamental Catalogue (FK4). Veroff. Astronomishen Rechen- Institute. Heidelberg. 1963, № 10 – 144 p.

7. Reighber Ch., Angermann D., Michel G., Klotz J., Galas R. & the CATS-Team. GPS constraints on the distribution of deformation of the Tien Shan, N–Pamirs and behavior of the Tarim /14th Himalaya-Karakorum-Tibet Workshop. Terra Nostra, –1999. –127.

8. Мирмахмудов Э.Р. О необходимости создания ГНСС полигона для республик Центральной Азии // Вестник науки и образования. Москва, 2020. № 4 (86). Часть 1. С. 108-111.