

АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО GNSS-ДАНЫМ В РАЙОНАХ С ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Махмудов Миршоджон Дилшод угли

младший научный сотрудник, Астрономический институт Академии наук Республики Узбекистан, Республика Узбекистан, г. Ташкент

Фазилова Дилбархон Шамурадовна

научный руководитель, д-р физ.-мат. наук, Астрономический институт Академии наук Республики Узбекистан, Республика Узбекистан, г. Ташкент

Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS) является одним из эффективных инструментов для высокоточного измерения смещений земной поверхности и анализа современных геодинамических процессов. За последние десятилетия GNSS-методы широко применяются для мониторинга тектонической активности, оценки устойчивости территорий и изучения влияния природных и техногенных факторов на деформации земной коры [1]. Технологии позволяют фиксировать перемещения литосферных блоков и устанавливать их связь с геологическими структурами, разломами и сейсмичностью региона [2].

Особенно актуальны GNSS-наблюдения в районах с высокой техногенной нагрузкой, где добыча ресурсов и инфраструктурное развитие изменяют напряженно-деформационное состояние земной коры. Оседание или поднятие поверхности может быть вызвано как природными процессами, так и техногенными воздействиями — добычей углеводородов, подземным выщелачиванием, строительством крупных объектов [3–4]. Выявление закономерностей вертикальных смещений и их связи с сейсмичностью важно для оценки георисков и выработки мер по их снижению.

Шуртанское месторождение, расположенное на юге Узбекистана в пределах Амударьинского нефтегазоносного бассейна, характеризуется сложным геологическим строением с активными складчатыми и разломными структурами, влияющими на сейсмическую активность.

Шуртан является одним из крупнейших газодобывающих объектов страны. Амударьинский бассейн охватывает части Узбекистана, Туркменистана, Ирана и Афганистана (рис. 1).

Несмотря на проводимые геодинамические исследования, систематический GNSS-мониторинг в этом районе ранее не осуществлялся. Цель данной работы — использование спутниковых технологий для анализа геодинамической устойчивости региона.

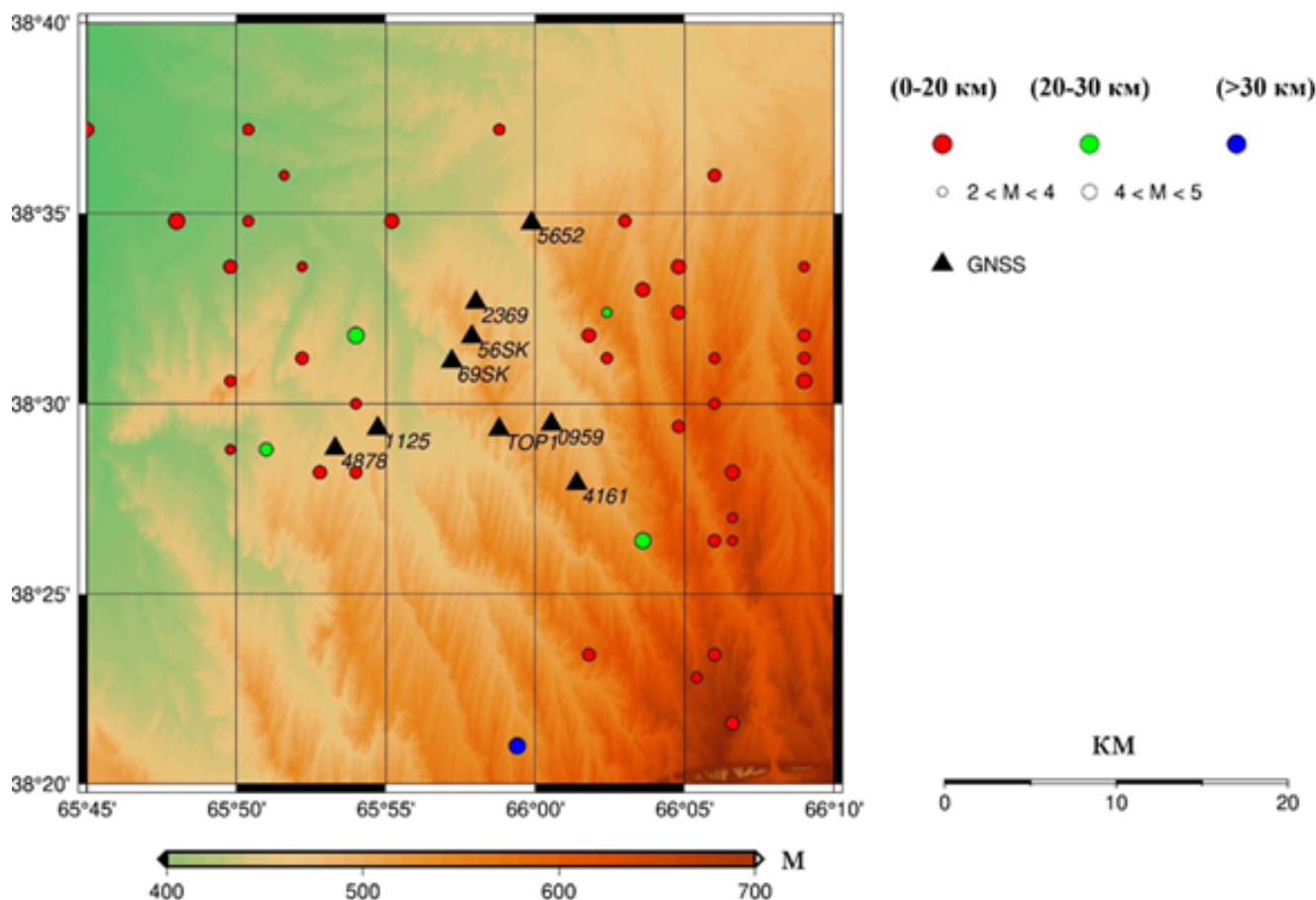


Рисунок 1. GNSS сеть и сейсмичность Шуртанского месторождения

В исследовании использованы данные о сейсмичности, полученные от Республиканского центра сейсмопрогностического мониторинга [5]. Анализ показывает, что основная часть землетрясений сосредоточена в центральной и восточной зонах, преимущественно на глубинах до 20 км, тогда как более глубокие события фиксируются на юге.

Для анализа вертикальных смещений за период 2022–2024 гг. было проведено шесть циклов GNSS-измерений на 9 пунктах с использованием приемников SOUTH G1PLUS в статическом режиме.

Данные с частотой 30 сек и отсечкой 10° обрабатывались в программном комплексе GAMIT/GLOBK в три этапа: вычисление координат с учетом моделей атмосферы и приливов (GPT2, Saastamoinen, FES2004), усреднение, и окончательная оценка координат и скоростей с применением фильтра Калмана и привязкой к ITRF2014 [6].

Анализ вертикальных смещений GNSS-станций в районе исследования выявил значительные пространственные вариации скоростей движения земной поверхности. Величины смещений находятся в диапазоне от -0.5 мм/год до -3.9 мм/год, что указывает на преобладающее опускание территории (Рис.2).

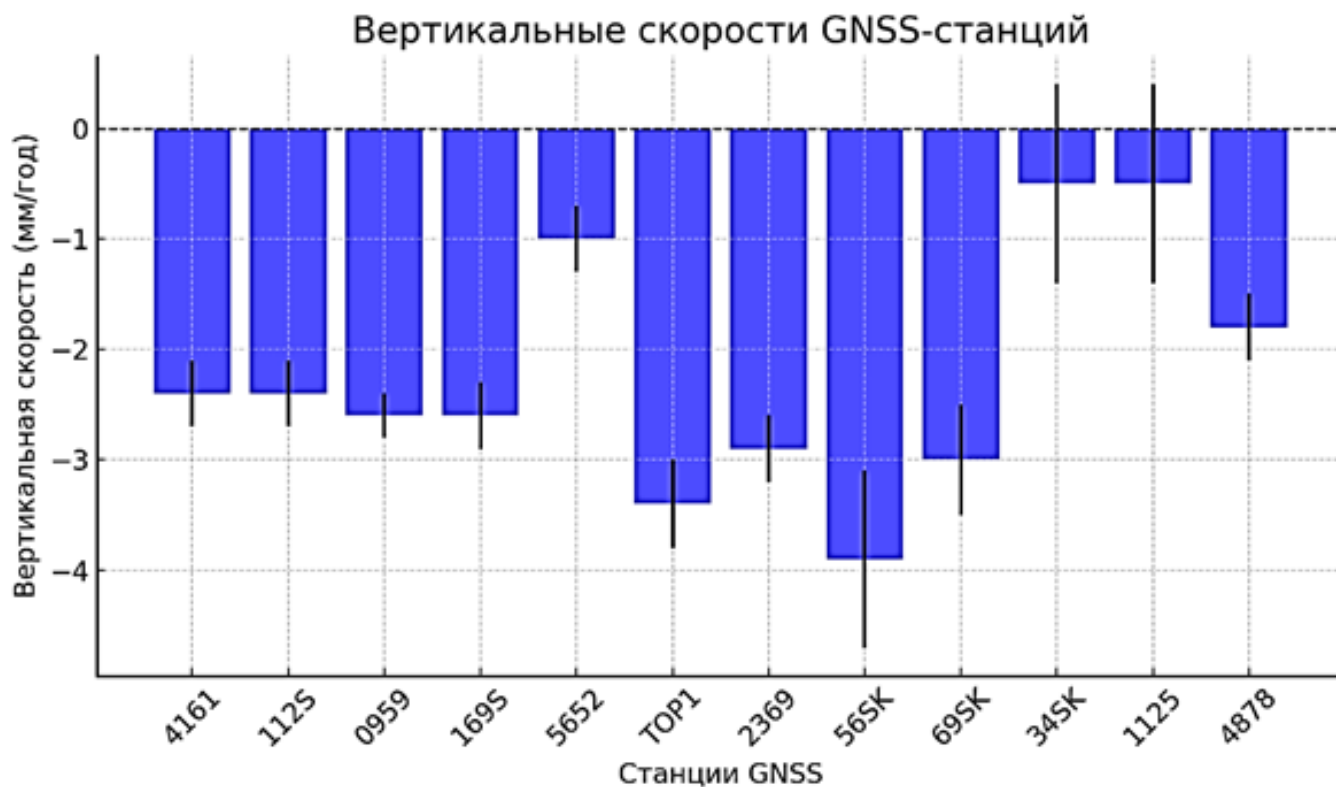


Рисунок 2. Вертикальные скорости GNSS-станций

На периферии исследуемой зоны (станции 34SK, 1125 и 5652) зафиксированы незначительные скорости опускания (-0.5...-1.0 мм/год), что свидетельствует о более стабильной обстановке по сравнению с центральной частью. В районе станций 56SK, TOP1 и 2369 наблюдаются максимальные значения оседания (до -3.9 мм/год), что указывает на повышенную деформацию, вероятно связанную с техногенной нагрузкой и перераспределением напряжений.

Сравнение сейсмических данных показывает концентрацию землетрясений ($M = 2-5$) вблизи зон интенсивного оседания, что может свидетельствовать о связи вертикальных смещений с локальной тектонической активностью. Также оседание может быть связано с уплотнением пород и изменением порового давления в результате эксплуатации месторождения.

Полученные результаты указывают на наличие пространственной неоднородности вертикальных смещений в пределах Шуртанского месторождения.

Зоны с максимальными значениями оседания совпадают с участками повышенной сейсмической активности, что может свидетельствовать о влиянии техногенной нагрузки на геодинамическое состояние региона. Выявленные закономерности подчеркивают важность регулярного GNSS-мониторинга для оценки рисков и раннего выявления потенциально нестабильных участков.

Список литературы:

1. Kreemer C. A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model / C. Kreemer, G. Blewitt, E. C. Klein // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2014. – Vol. 15, № 10. – P. 3849–3889.
2. Reilinger R. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions / R. Reilinger [et al.] // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2006. – Vol. 111, B5.

3. Zhang S. Ground Subsidence Monitoring in a Mining Area Based on Mountainous Time Function and EnKF Methods Using GPS Data / S. Zhang, J. Zhang // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14. – P. 1–24. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14246359>.
4. Fazilova D. Analysis of Crustal Movements in the Angren-Almalyk Mining Industrial Area Using GNSS Data / D. Fazilova, M. Makhmudov, K. H. Magdiev // International Journal of Geoinformatics. – 2023. – Vol. 19, № 11. – P. 12–19. – DOI: <https://doi.org/10.52939/ijg.v19i11.2915>.
5. Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга (RCSPM) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.smrn.uz/?lang=ru> (дата обращения: 07.01.2023).
6. Herring T. A. GAMIT reference manual. GPS Analysis at MIT, Release 10.7 / T. A. Herring, R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky. – Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2018.