

4
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

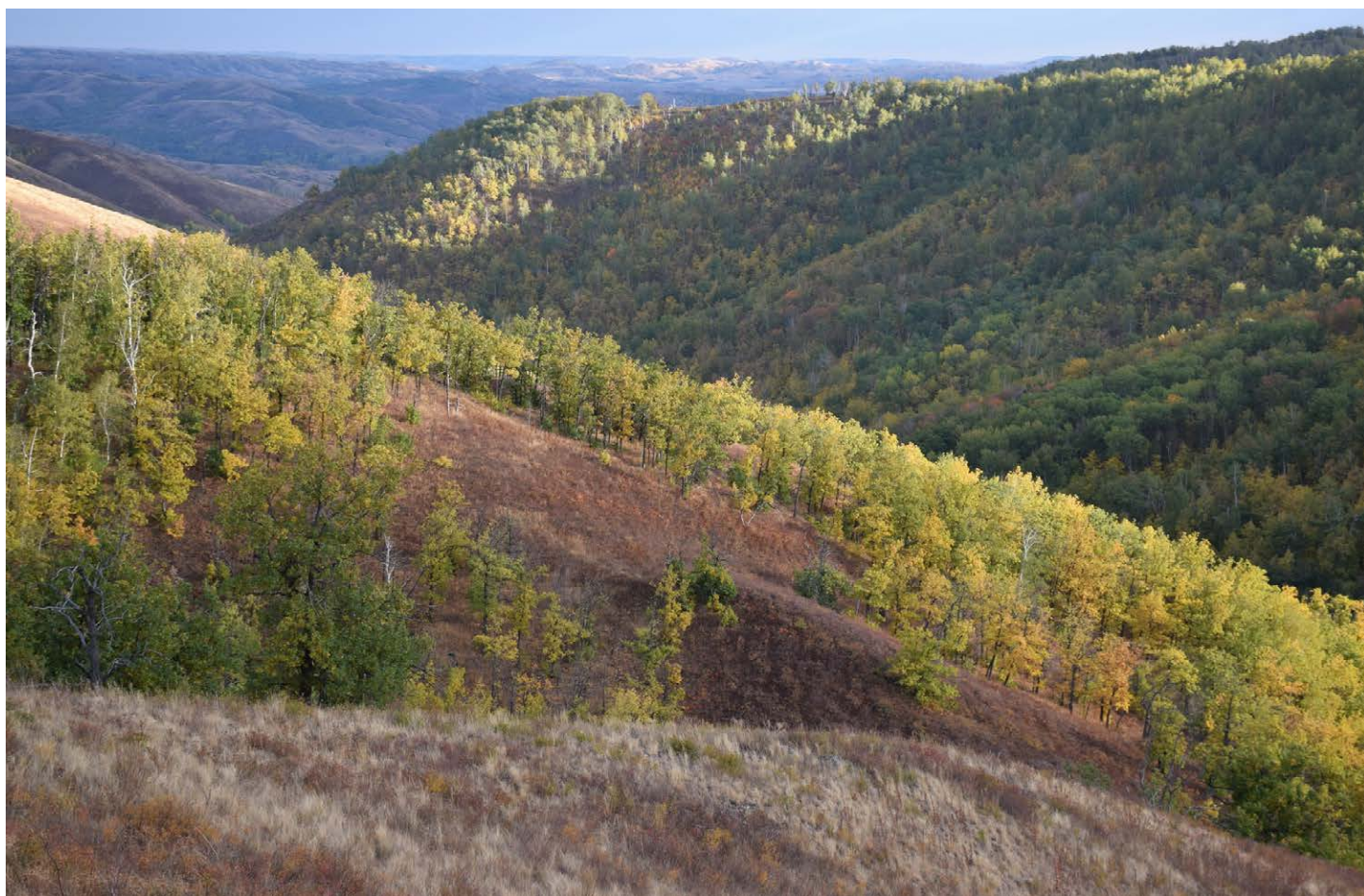
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ
On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>



2017
ГОД ЭКОЛОГИИ
В РОССИИ

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН



2017

УЧРЕДИТЕЛИ

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© Коллектив авторов, 2017

УДК 550.348.422

Ю.М. Нестеренко, А.В. Цвяк, М.Ю. Нестеренко

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ
СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

Оренбургский научный центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

В статье рассмотрены методические основы геодинимического мониторинга с использованием глобальных навигационных спутниковых систем. Так же было показано, что для обеспечения высокой точности измерений продолжительность наблюдения должна составлять не менее полутора часов, величина длин измеряемых базовых линий не должны превышать тридцати километров.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, геодинимические процессы, тектоника.

Y.M. Nesterenko, A.V. Tsviak, M.U. Nesterenko

**METHODOICAL BASIS OF GEODYNAMIC MONITORING WITH
THE USE OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS**

Orenburg Scientific Center, UrB RAS (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

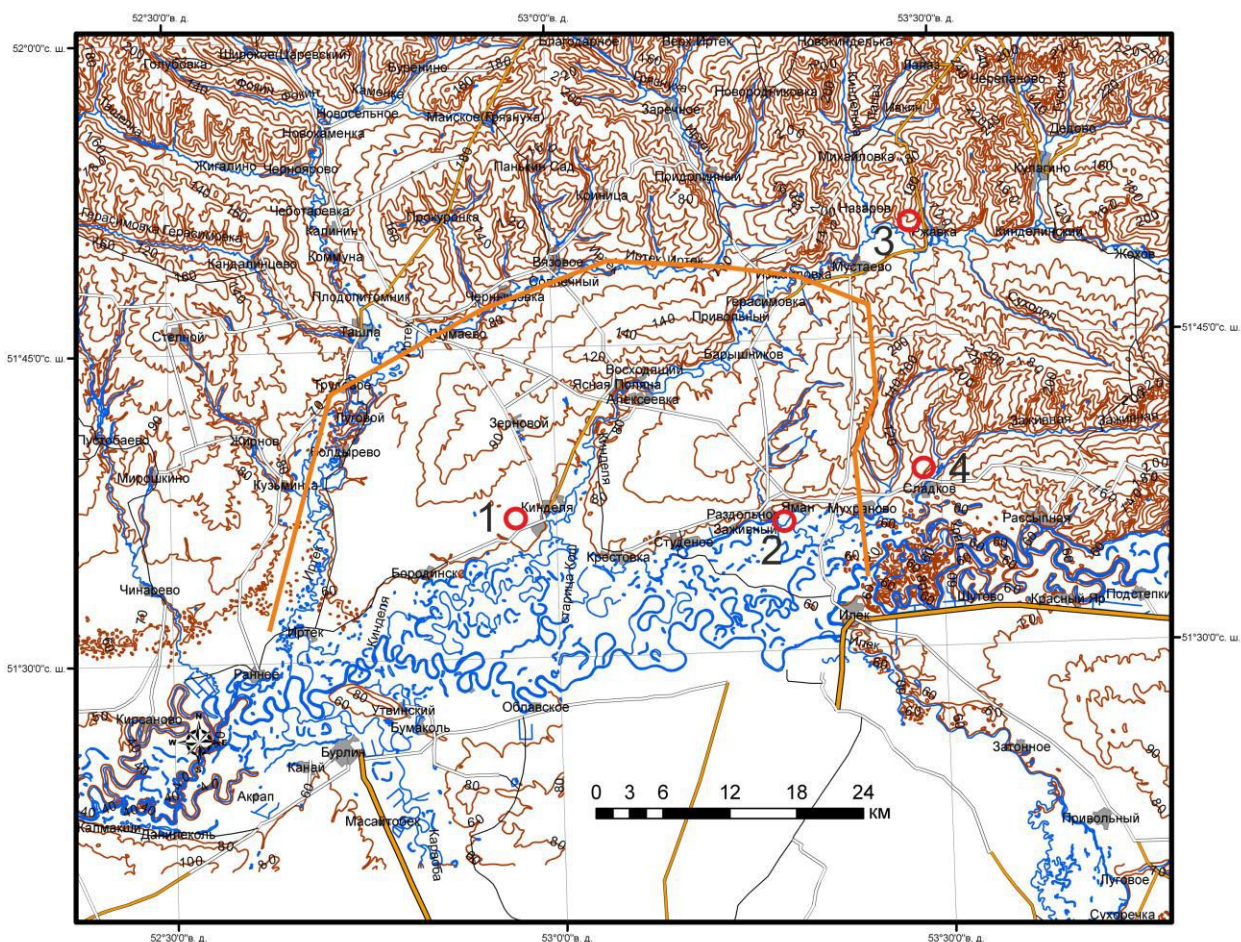
The article describes the methodological foundations of geodynamic monitoring using global navigation satellite systems. It was also shown that for high accuracy measurements of the duration of the observation should not be less than one and a half hours, the value of the lengths measured baselines should not exceed thirty kilometers.

Keywords: global navigation satellite systems, geodynamic processes, tectonics.

На широтном Ташлинско-Илекском участке долины р. Урал (от с. Раннее до с. Кардаилово, длина участка порядка 50 км) имеет место природный феномен – вопреки закону Бэра (в северном полушарии реки подмывают правый берег – *прим. авторов*) воды р. Урал постоянно подмывают левый берег, в то время как на остальном протяжении реки преимущественно подмывается правый берег.

Указанный природный феномен был установлен на основе анализа поведения русла р. Урал в южной пограничной с Республикой Казахстан части Оренбургской области [3].

С целью изучения географического феномена Кошинского участка с позиции геодинимики сотрудниками отдела геоэкологии Оренбургского научного центра УрО РАН заложены пункты глобальных навигационных спутниковых систем (далее – ГНСС) (см. рис. 1).



Условные обозначения:



-  Предполагаемый контур Кошинского блока
-  Положение реперов

Рис. 1. Схема расположения реперов на Кошинском участке.

Применение ГНСС (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass) при мониторинге напряженно-деформированного состояния территорий обуславливается основными преимуществами такого мониторинга: оперативностью получения информации, её надежностью (обеспечение необходимой точности измерений) и экономической целесообразностью [2].

Вопрос точности оценки горизонтальной и вертикальной составляющих векторов движения земной поверхности на основе данных, получаемых с использованием технологии ГНСС, исследовался авторами на территории Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ), разрабатываемого с 1971 г., в рамках ведения пользователем недр наблюдений за геомеханическими и геодинамическими процессами.

Как известно, Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03) регламентирует проведение на геодинамических полигонах высо-

коточных плановых и высотных наблюдений в границах возможного проявления опасных геомеханических и геодинамических процессов.

Приняты во внимание и значения природных движений блоков земной коры в районе Южного Предуралья, составляющие 5-10 мм/год [6].

Для организации системы мониторинга геодинамических процессов на объектовом уровне мониторинга состояния недр в 2014-2016 гг. заложено 4 фундаментальных пункта, составляющих каркас наблюдательной сети (рис. 2). Пункт 1 расположен на здании Отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН по адресу: г. Оренбург, ул. Набережная, д. 29. Второй пункт расположен в центре гидродинамической воронки подземных вод на территории ОНГКМ. Третий пункт – контрольный – расположен в п. Южный Урал (находится за пределами месторождения, но в пределах гидродинамической воронки – *Прим. авторов*). Четвертый пункт расположен на Донецко-Сыртовском выступе, находится за пределами техногенного воздействия добычи углеводородного сырья и направлен на контроль развития природных геодинамических процессов.

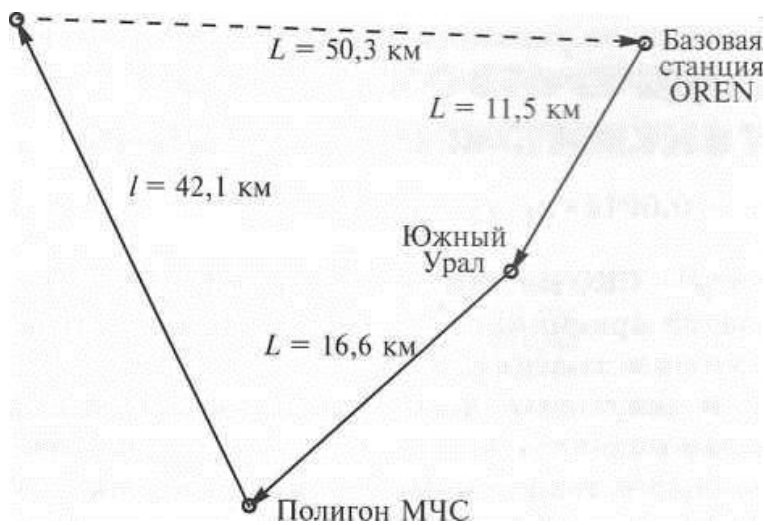


Рис. 2. Порядок замеров на точка наблюдения.

На пунктах используются двухчастотные GNSS-приемники Leica Viva. Заявленные производителем характеристики позволяет достичь приемлемой точности контроля.

Для постобработки данных применен программный комплекс Leica Geo Office.

Для оценки точности измерений проведены наблюдения по замкнутому

ходу, включающему базовую станцию OREN и пункты 2-4.

Наблюдения на пунктах велись в следующем порядке. Для первого наблюдения ровер устанавливали на втором пункте наблюдения. Для постобработки использовали данные, полученные с базового приемника, расположенного на опорном пункте. Далее устанавливали базовый приемник на второй пункт и использовали его для постобработки данных, полученных с ровера, установленного на третьем пункте. Здесь значения координат пункта 2 принимались по данным, полученным в предыдущем наблюдении. И так далее, по схеме, в соответствии с рисунком 2. В последнем наблюдении получили координаты точки 1.

Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Координаты пунктов GNSS сети

Точка наблюдения	Координаты		
Первая (опорная)	51° 45' 19.08811" С	55° 06' 33.87881" В	110,6205 м
Вторая	51° 37' 04.54044" С	54° 45' 09.25924" В	101,6471 м
Третья	51° 44' 08.99310" С	55° 01' 55.50966" В	76,3951 м
Первая	51° 45' 19.08869" С	55° 06' 33.88387" В	110,6234 м

Из таблицы 1 видно, что невязка по высоте пункта 1 составила 2,9 мм. Значение допустимой невязки принято 10 мм [1].

Известно [4], что точность определения координат с использованием GNSS оборудования зависит от продолжительности сеанса наблюдения.

Продолжительность сеанса может изменяться от нескольких минут до нескольких часов и зависит от внешних факторов – количество видимых спутников и их положение, отсутствие переотражающих поверхностей, погодные условия и т.д.

Авторами изучена зависимость точности определения координат пункта от продолжительности наблюдения и расстояния от базовой станции при благоприятных внешних факторах.

Была проведена серия многократно повторяющихся наблюдений и определена взаимосвязь величины среднеквадратического отклонения

(СКО) результата измерения высотной отметки и продолжительности наблюдений и расстояния ровера от базового приемника. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость СКО высоты от расстояния и продолжительности наблюдения

Пункт наблюдения	Расстояние от базового приемника, км	Продолжительность наблюдения, ч	СКО высоты, мм
		1,5	1,98
		1	2,99
		0,5	5,04
		0,25	11,47
		1,5	1,19
		1	2,96
		0,5	4,78
		0,25	6,8
		1,5	8,64
		1	9,92
		0,5	19,68
		0,25	94,47

Статистическая зависимость СКО высотной отметки от указанных факторов в математическом представлении имеет вид:

$$y = 0,0198 - 0,0002 \cdot x_1 - 0,0504 \cdot x_2 - 0,0015 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,042 \cdot x_2^2, \quad (1)$$

где y – СКО высоты, м;

x_1 – расстояние от базового приемника, км;

x_2 – продолжительность наблюдения, ч.

На основе результатов проведенных исследований был сделан вывод, что использовать длины измеряемых базовых линий более 30 км не желательно, а продолжительность наблюдения для обеспечения величины СКО не более трех миллиметров должна составлять не менее полутора часов.

(Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 17-45-560466 p_a)

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов ГКИНП (ГНТД)-ОЗ-ОЮ-ОЗ, МОСКВА, ЦНИИГАИК. 2004.
2. Нестеренко М. Ю., Цвяк А. В., Владов Ю. Р. Влияние переотраженного сигнала на точность глобальных навигационных систем при мониторинге деформаций земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов. *Успехи современного естествознания*. 2016. 9: 143-147.
3. Соколов А. Г., Овчинников В. В. Феномен реки Урал на участке Ташлинско-Илекского районов Оренбургской области и объяснение его с точки зрения плитной тектоники. *Нефть, газ и бизнес*. 2016. 3: 32-37.
4. Удовиченко Н. М., Гришко Н. М. Анализ влияния продолжительности спутниковых наблюдений на определение координат пунктов. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело*. 2007. 2: 66-70.
5. Ушаков С. А., Галушкин Ю. И. Кинематика плит и океаническая литосфера. *Физика Земли*. Т. 3. М., 1978. 272 с.

Поступила 11.12.2017

(Контактная информация:

Нестеренко Максим Юрьевич – в.н.с., д.г.-м.н., заведующий лабораторией антропогенеза в водных системах и геодинамике отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН; адрес: Россия, 460014, г. Оренбург, а/я 59; E-mail: n_mu@mail.ru)

LITERATURA

1. Instrukcija po nivelirovaniju I, II, III i IV klassov GKINP (GNTD)-OZ-OJu-OZ, MOSKVA, CNIIGAİK. 2004.
2. Nesterenko M. Ju., Tsviak A. V., Vladov Ju. R. Vlijanie pereotrazhennogo signala na tochnost' global'nyh navigacionnyh sistem pri monitoringe deformacij zemnoj poverhnosti na razrabatyvaemyh mestorozhdenijah uglevodorodov // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016. 9: 143-147.
3. Sokolov A. G., Ovchinnikov V. V. Fenomen reki Ural na uchastke Tashlinsko-Ilekskogo rajonov Orenburgskoj oblasti i ob#jasnenie ego s toчки zrenija plitnoj tektoniki // *Neft', gaz i biznes*. 2016. 3: 32-37.
4. Udovichenko N. M., Grishko N. M. Analiz vlijaniya prodolzhitel'nosti sputnikovyh nabljudenij na opredelenie koordinat punktov // *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Geologija, neftegazovoe i gornoe delo*. 2007. 2: 66-70.
5. Ushakov S. A., Galushkin Ju. I. Kinematika plit i okeanicheskaja litosfera. *Fizika Zemli*. Т. 3. М., 1978. 272 s.

Образец ссылки на статью:

Нестеренко Ю.М., Цвяк А.В., Нестеренко М.Ю. Методические основы геодинамического мониторинга с использованием глобальных навигационных спутниковых систем. *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. 2017. 4. 6 с. [Электр. ресурс] (URL:<http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-4/Articles/NYM-2017-4.pdf>).