

УДК 551.2;539.3

**Анализ результатов маркшейдерско-геодезических наблюдений
на Пыть-Яхском геодинамическом полигоне**

Д. А. Мисюрёв*, Ю. В. Васильев, Д. П. Иноземцев

*Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, Россия*

**e-mail: denis.misyrev@gmail.com*

Аннотация. Проведено обобщение полученного эмпирического материала по современным геодеформационным процессам. Были использованы основные методы анализа и интерпретации полученной информации, продемонстрирована возможность применения результатов геодинамического мониторинга в целях обеспечения промышленной безопасности объектов городской застройки г. Пыть-Ях от вредного влияния разработки Мамонтовского месторождения нефти. Основная концептуальная схема подобной интерпретации сводится к решению обратных задач современной геодинамики разломов и выявлению источников формирования локальных аномалий напряженно-деформированного состояния недр.

В качестве основных методов анализа использовались геометрическое нивелирование II класса точности, высокоточные спутниковые наблюдения, высокоточная гравиметрия и спутниковая радарная интерферометрия.

Ключевые слова: геодинамический мониторинг; маркшейдерско-геодезические работы; высокоточные спутниковые наблюдения; геометрическое нивелирование II класса точности; высокоточная гравиметрия; спутниковая радарная интерферометрия

**Analysis of the results of the surveying and geodetic observations
at the Pyt-Yakh geodynamic site**

Denis A. Misyurev*, Yuri V. Vasilev, Dmitry P. Inozemtsev

*West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia*

**e-mail: denis.misyrev@gmail.com*

Abstract. The article is devoted to a generalization of the obtained empirical material on modern geodeformation processes. For this, we used the basic methods of analysis and interpretation of the received information. In addition, we show the possibility of using the results of geodynamic monitoring in order to ensure industrial safety of urban development facilities in Pyt-Yakh from the harmful effects of the development of the Mamontovskoye oil field. The main conceptual scheme of interpretation of the obtained data is reduced to solving the inverse problems of modern fault geodynamics and identifying the sources of formation of local anomalies of stress-strain state of the subsoil.

Geometric leveling of class II accuracy, high-precision satellite observations, high-precision gravimetry and satellite radar interferometry were used as the main methods of analysis.

Key words: geodynamic monitoring; surveying and geodetic works; high-precision satellite observations; geometric leveling class II accuracy; high-precision gravimetry; satellite radar interferometry

В 2001 году по заказу ООО «РН-Юганскнефтегаз» на территории г. Пыть-Ях была создана комплексная наблюдательная станция для контроля развития деформационных процессов земной поверхности, оказывающих прямое влияние на безопасность эксплуатации месторождения в границах городской застройки.

На этапе 2001–2011 гг. был выполнен комплекс маркшейдерско-геодезических наблюдений на геодинамическом полигоне г. Пыть-Ях. Помимо этого, были выполнены реконструкция существующей сети (восстановление утраченных пунктов) и закладка новых пунктов, распределенных по территории месторождения.

2014 год ознаменовался разработкой Проекта геодинамического полигона г. Пыть-Ях Пермским национальным исследовательским политехническим университетом.

В период 2016–2017 гг. согласно разработанному Проекту специалистами предприятия ООО «Сибирская Геодезическая Компания» были выполнены первый и второй цикл маркшейдерско-геодезических наблюдений на пунктах Мамонтовского геодинамического полигона.

В 2019 году специалистами ООО «НПП “Сибгеокарта”» был выполнен последующий третий цикл комплекса маркшейдерско-геодезических наблюдений. Специалистами Западно-Сибирского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН проведены анализ и интерпретация результатов системы геодинамического мониторинга.

1. Обследование пунктов Мамонтовского геодинамического полигона на соответствие правилам закладки центров и реперов на пунктах нивелирной и геодезической сетей — 61 шт.

2. Нивелирование II класса точности на пунктах Мамонтовского геодинамического полигона — 38,6 км.

3. Высокоточные спутниковые наблюдения на пунктах геодинамического полигона в период 2016–2017 гг. — 20 шт., в 2019 году — 36 шт.

4. Высокоточная гравиметрия на пунктах геодинамического полигона — 46 шт.

5. Спутниковая радарная интерферометрия на территории Мамонтовского геодинамического полигона.

Схема расположения пунктов Мамонтовского геодинамического полигона относительно объектов обустройства месторождения и городской застройки представлена на рисунке 2.

Основной целью работы является получение количественных параметров вертикальных и горизонтальных движений пунктов существующего геодинамического полигона по данным 4 основных методов, необходимых для проведения качественного геодинамического мониторинга на территории г. Пыть-Ях: геометрическое нивелирование II класса точности, высокоточные спутниковые наблюдения, гравиметрические работы и спутниковая радарная интерферометрия [5, 6].

Маркшейдерские наблюдения нацелены на изучение развития деформаций земной поверхности в зависимости от горно-геологических условий¹. По результатам наблюдений корректируются принятые геомеханические модели (повышение надежности прогноза на основе математического моделирования); уточняются параметры и закономерности процесса сдвижения; выделяются

¹ РД 07-603-03. Инструкции по производству маркшейдерских работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/43/43121/index.htm.

участки интенсивных смещений земной поверхности; выделяются зоны геодинамического риска [7–10].

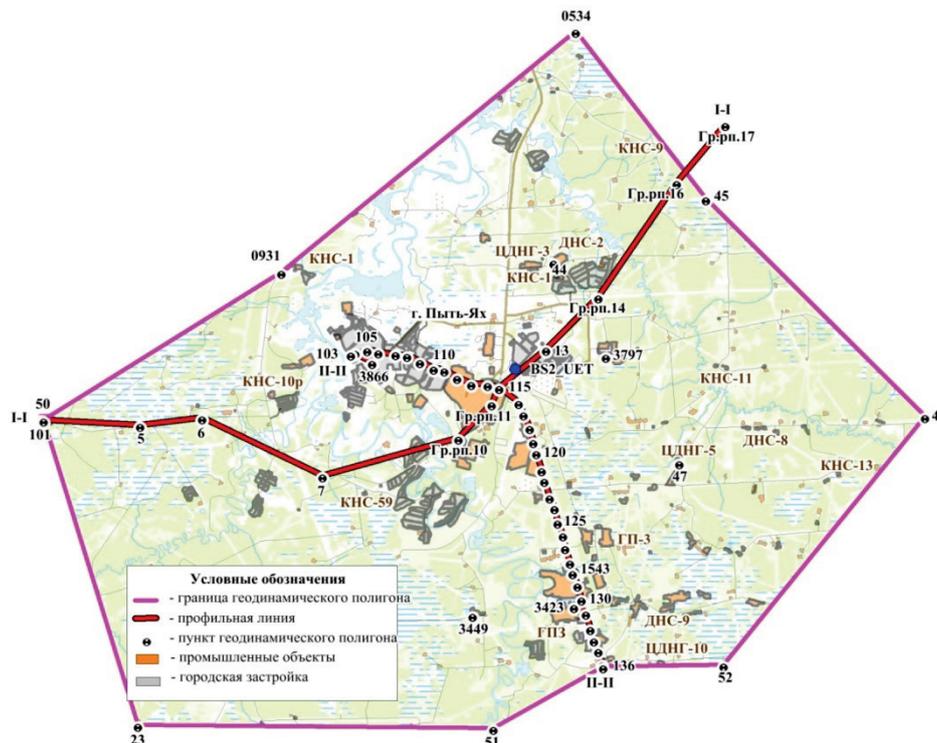


Рис. 2. Схема расположения пунктов Мамонтовского геодинамического полигона относительно объектов обустройства месторождения

Геометрическое нивелирование II класса точности

Нивелирование по программе II класса точности на Мамонтовском геодинамическом полигоне — это часть комплекса геодезических исследований, служащих для получения количественных характеристик вертикальных смещений земной поверхности [11].

Нивелирная сеть геодинамического полигона состоит из 2 основных профильных линий, пересекающих центральную часть территории геодинамического полигона с запада на северо-восток и с севера на юг (см. рис. 2).

Инструменты. Для выполнения работ по нивелированию II класса точности использовалось следующее геодезическое оборудование: электронный нивелир фирмы Trimble DiNi 0.3 с СКО 0,3 мм на километр двойного хода и комплект инварных односторонних штриховых реек LD11 и LD12.

Методика измерений. Наблюдения на Пыть-Яхском геодинамическом полигоне проводились методом геометрического нивелирования II класса точности согласно требованиям действующей инструкции ГКИНП (ГНТА)-03-010-03.

Нивелирование выполнено в прямом и обратном направлениях по костылям и кольям. Контроль на станции проводился автоматически, так как в установке данного прибора перед началом работ были введены параметры, не позволяющие ему игнорировать и записывать превышения больше допустимых.

Как видно из рисунка 3, центральная часть геодинамического полигона, в которой располагаются основные промышленные объекты и городская застройка, находится в пределах изолиний от -5 до 0 мм, что является хорошим показателем и не угрожает безопасной эксплуатации г. Пыть-Ях. Восточная и западная части полигона подвержены оседанию пунктов, не превышающих величины -20 мм.

Следует отметить наличие локального поднятия $+62$ мм на юге геодинамического полигона в районе газоперерабатывающего завода. Указанная величина накапливалась в течение трех циклов наблюдения со средней скоростью 20 мм/год. Максимальные относительные деформации на данном участке составляют $6,93 \cdot 10^{-5}$, что на 2 порядка меньше предельных и допустимых значений, согласно нормативной документации².

Высокоточные спутниковые наблюдения

С целью уточнения результатов анализа данных по высокоточному нивелированию при изучении напряженно-деформируемого состояния скелета коллектора и вмещающих его пород на Мамонтовском геодинамическом полигоне проводятся высокоточные спутниковые определения горизонтальной составляющей вектора сдвига земной поверхности [12].

Плановая сеть полигона представляет собой пространственное геодезическое построение в виде сплошной сети триангуляции, которая равномерно покрывает территорию месторождения и охватывает зону деформаций земной поверхности. Общая сеть включает в себя пункты, различающиеся по программе выполняемых на них спутниковых наблюдений и по их роли в общей программе построения сети: постоянно действующая базовая станция (BS2_UET), 7 опорных пунктов (23, 45, 46, 50, 52, 0534 и 0931) и 29 рабочих пунктов [13, 14].

Все пункты жестко связаны между собой системой векторов (базисных линий), образуя единую сеть. В качестве элемента построения был использован треугольник, как наиболее жесткая геометрическая фигура, обеспечивающая надежный контроль при выполнении полевых наблюдений. Сеть запроектирована так, чтобы от каждого, вновь определяемого пункта вектора строились не менее чем до 3 пунктов [15].

Инструменты. Производство GNSS-измерений на пунктах Мамонтовского геодинамического полигона осуществлялось при помощи спутниковых геодезических приемников Javad Triumph-1 Махог. Всего в работе было задействовано 8 приемников.

Используемые приемники прошли обязательную процедуру метрологической аттестации и на основании этого признаны годными к производству высокоточных измерений.

Методика измерений. При проведении спутниковых определений для обеспечения точности, предъявляемой к измерениям на геодинамических полигонах, при определении плановых координат пунктов геодинамического полигона применяются сетевой метод (замыкания полигонов) и лучевой метод с использованием статического режима.

² СП 22.133330.2016. Свод правил основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054206>.

Центрирование спутниковой антенны выполнялось с помощью оптического центра. Высота антенны измерялась мерной рулеткой. На пунктах спутниковой геодезической сети использовалось принудительное центрирование.

На всем протяжении измерений нормальными условиями наблюдений спутниковой системы являлись наличие 5 спутников в зоне приема спутниковых сигналов, значение фактора PDOP < 5 и отсутствие сбоев при приеме спутниковых сигналов.

Анализ результатов высокоточных GNSS-наблюдений

По результатам трех циклов наблюдений был выполнен сравнительный анализ координат пунктов Пыть-Яхского геодезического полигона (рис. 4). Полученные величины позволяют дать максимально точную оценку горизонтальных движений пунктов за период 2016–2019 гг.

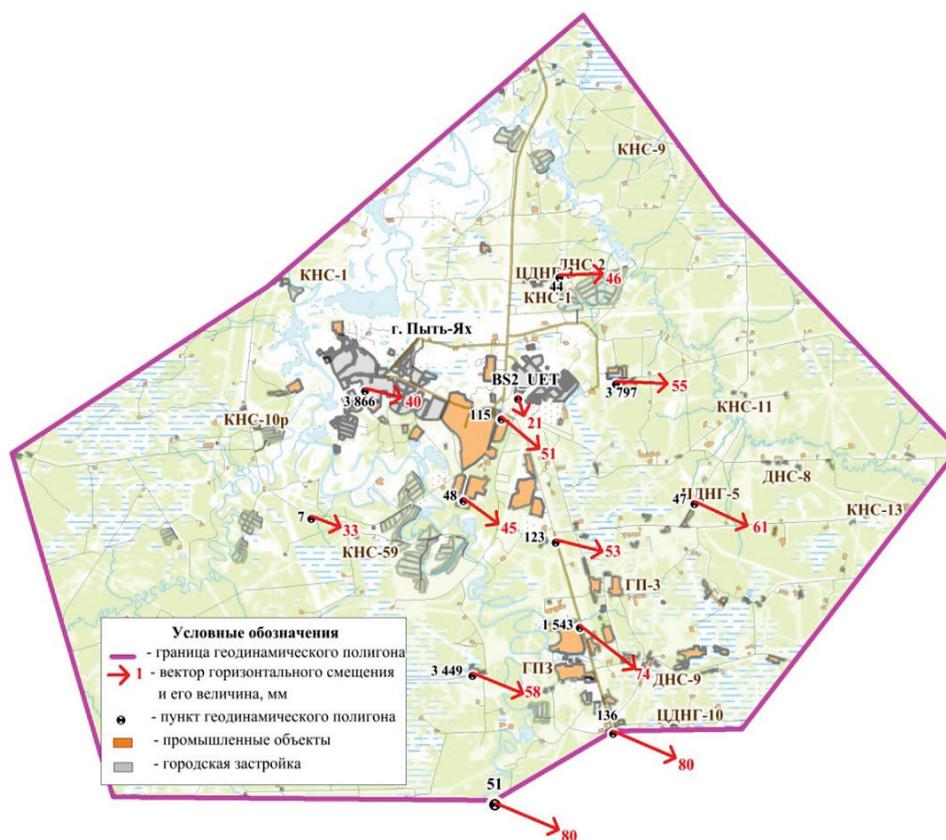


Рис. 4. Схема горизонтальных движений центров пунктов Пыть-Яхского геодезического полигона за период 2016–2019 гг.

Полученные значения максимальных горизонтальных движений пунктов Пыть-Яхского геодезического полигона позволяют с уверенностью заявить, что все репера получают незначительные смещения в горизонтальной плоскости. Величина измерения координат соотносится с конструкционной точностью примененного геодезического оборудования. Максимальный вектор горизонтального смещения 55 мм за период наблюдения 2017–2019 гг.

наблюдается на пункте 136, а за период наблюдения 2016–2019 гг. 80 мм — на пунктах 136 и 51. Преобладает юго-восточное направление смещения пунктов геодинимического полигона.

В дальнейшем полученные координаты были использованы для вычисления относительных горизонтальных деформаций. Полученные значения находятся в пределах от $-3,31 \cdot 10^{-5}$ до $8,82 \cdot 10^{-6}$ и тем самым не превышают предельных и допустимых деформаций согласно ПБ 07-269-98³.

Высокоточная гравиметрия

В период 2016–2019 гг. на пунктах исходной опорной гравиметрической сети Мамонтовского геодинимического полигона были выполнены высокоточные гравиметрические наблюдения с целью обеспечения мониторинга локальных вариаций поля силы тяжести неприливногo характера, обусловленных техногенным воздействием на геологическую среду в процессе разработки месторождения (рис. 5).

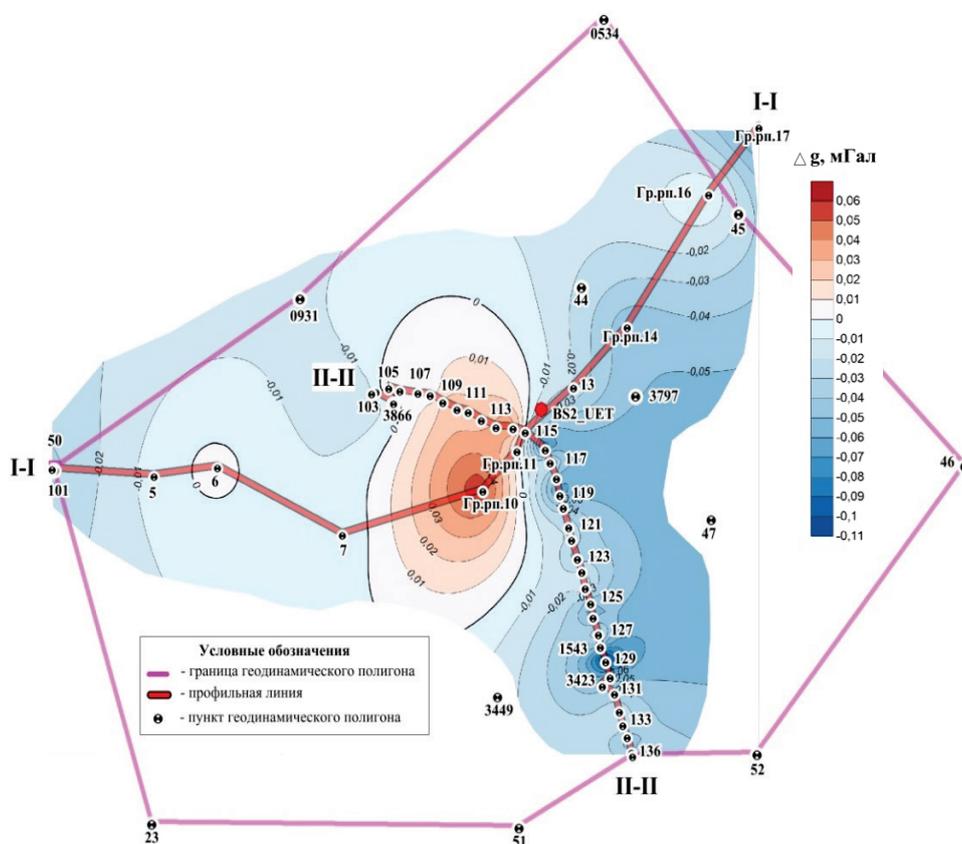


Рис. 5. Карта-схема динамики приращения ускорения силы тяжести на Мамонтовском геодинимическом полигоне за период 2016–2019 гг.

³ ПБ 07-269-98. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб.: ВНИМИ, 1998. – 291 с.

Гравитационный мониторинг направлен на выявление динамических аномалий во времени сил тяжести земли на дневной поверхности, которые обусловлены изменениями плотностных характеристик на глубине. Физический смысл мониторинга заключается в том, что извлекается более легкий флюид, который замещается более тяжелым рабочим агентом (жидкостью). Поскольку месторождение находится в поздней стадии разработки, добыча осуществляется посредством масштабной системы поддержания пластового давления. При этом в зоне отбора продуктивных горизонтов выявляются зоны повышенного пластового давления за счет нагнетания рабочего агента, к которым могут быть приурочены участки локального подъема высотных отметок наблюдательных пунктов геодинимического полигона.

Инструменты и методика наблюдений. Инструментальные наблюдения выполнены гравиметрической аппаратурой марки CG-5 по методике однократных измерений с центральным (исходным) пунктом в условном уровне с привязкой гравиметрических наблюдений к уровню государственной гравиметрической сети.

Среднеквадратическая погрешность единичного наблюдения составляет $\epsilon_{\text{ряд}} = \pm 10$ мкГал. Общее количество пунктов наблюдений составило 46 к.п.

По данным (см. рис. 5) в центральной части геодинимического полигона наблюдается зона уплотнения, что свидетельствует об отрицательных перемещениях земной коры. Следует отметить, что на остальной части геодинимического полигона наблюдается разуплотнение пород. Это разуплотнение отображается уменьшением гравитационного поля, которое является следствием повышения земной поверхности.

Таким образом, данные гравиметрии могут являться надежным источником информации при выявлении условий формирования современных деформаций земной поверхности от техногенного влияния добычи углеводородного сырья.

Спутниковая радарная интерферометрия

Метод радарной интерферометрии дает площадную оценку смещений и позволяет выделить зоны, для которых требуется повышенное внимание. Совместная обработка множества последовательных съемок позволяет рассчитывать скорости смещений постоянных отражающих объектов с точностью до первых миллиметров и оценивать влияние деформаций земной поверхности на техногенную инфраструктуру месторождения [16, 17].

Для обработки спутниковых радиолокационных данных ALOS-2/PALSAR-2 был применен метод дифференциальной интерферометрии (DinSAR — Differential InSAR). Построены карты вертикальных смещений земной поверхности. Точность оценки смещения, рассчитанная на основе параметра интерферометрической когерентности, составила 3 см. На рисунке 6 представлены результаты обработки данных Sentinel-1A/B для г. Пыть-Ях.

По данным ALOS-2, на территории г. Пыть-Ях отчетливо выделяется область поднятия. Результаты обработки свидетельствуют о том, что максимальная область поднятия распространяется за зону застройки. Величина максимальной отметки составила 50 мм. Скорость поднятия по данным Sentinel-1A/B достигает 25 мм/год.

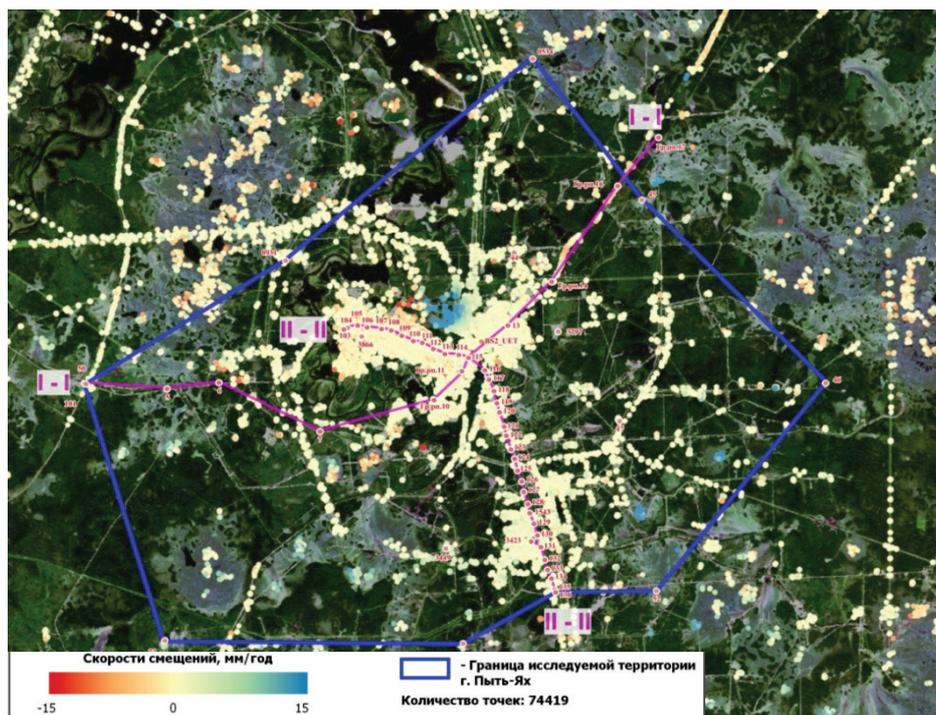


Рис. 6. Карта скоростей смещений постоянных отражателей на территории г. Пыть-Ях по результатам обработки данных Sentinel-1A/B за 2 года (2017–2019 гг.)

Выводы

1. Сеть геодинамического полигона на Мамонтовском месторождении нефти состоит из 61 глубинного репера, которые различаются по программе выполняемых на них наблюдений.
2. С момента разработки Проекта геодинамического полигона было выполнено три цикла маркшейдерско-геодезических наблюдений (нивелирование II класса точности, спутниковые GNSS-наблюдения, высокоточная гравиметрия и спутниковая радарная интерферометрия).
3. В результате анализа данных геометрического нивелирования II класса точности была выявлена зона поднятия центральной части геодинамического полигона, в которой располагаются основные промышленные объекты и городская застройка. Следует отметить наличие локальной зоны оседания в районе пересечения двух профильных линий. Центральная часть геодинамического полигона, в которой располагаются основные промышленные объекты и городская застройка, находится в пределах изолиний от -5 до 0 мм, что не угрожает безопасной эксплуатации г. Пыть-Ях.
4. Обработка материалов гравиметрии за период 2016–2019 гг. показала наличие зоны уплотнения — оседания высотных отметок в месте пересечения двух основных профильных линий. В остальной части геодинамического полигона наблюдается разуплотнение пород по динамике плотностных характеристик сил тяжести, которое является следствием повышения земной поверхности.
5. По данным спутниковой радарной интерферометрии за период наблюдения 2017–2019 гг. было выявлено, что на территории городской застройки и основных промышленных объектов наблюдается поднятие высотных отметок,

не превышающих величины 3 мм. Также была выявлена локальная зона поднятия за пределами городской застройки величиной 50 мм.

6. В результате анализа данных вертикальных и горизонтальных сдвижений пунктов Мамонтовского геодинамического полигона за период 2016–2019 гг. была выявлена корреляционная связь между 3 основными определениями. Так, по результатам геометрического нивелирования, высокоточной гравиметрии и спутниковой радарной интерферометрии было подтверждено наличие поднятия (до 5 мм) на территории городской застройки и основных промышленных объектов. Также материалами высокоточной гравиметрии была подтверждена локальная зона оседания в районе пересечения двух основных профильных линий, выявленная в результате геометрического нивелирования.

Библиографический список

1. Петухов И. М., Батугина И. М. Геодинамика недр. – М.: МГУ, 1999. – 287 с.
2. Сидоров В. А., Кузьмин Ю. О., Хитров А. М. Концепция «Геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр России». – М.: ИГРИ, 2000. – 56 с.
3. Определение параметров пластов по данным наблюдений за смещением поверхности земли / И. Д. Умрихин [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 1981. – № 10. – С. 29–32.
4. Хайн В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. – М.: Книжный дом «Университет», 2005. – 560 с.
5. О создании геодинамических полигонов для мониторинга деформационных процессов при разработке месторождений углеводородов / Ю. А. Кашников [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 6–9.
6. Инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности на нефтяных месторождениях Верхнекамского региона / Ю. А. Кашников [и др.] // Нефтепромышленное дело. – 2010. – № 7. – С. 50–54.
7. Брайт П. И., Медведский Е. Н. Измерение осадок и деформаций геодезическими методами. – М.: Геоиздат, 1979. – 200 с.
8. Кашников Ю. А., Ашихмин С. Г. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. – М.: Недра, 2007. – 466 с.
9. Мазницкий А. С. Геодезический мониторинг и прогнозирование техногенной геодинамики на месторождениях нефти и газа: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Киев, 2002. – 22 с.
10. Современная геодинамика и сейсмичность юго-востока Татарстана / Р. С. Хисамов [и др.]. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2012. – 240 с.
11. Маркшейдерское обеспечение разработки месторождений нефти и газа: моногр. / Ю. А. Кашников [и др.]. – М.: Недра, 2018. – 454 с.
12. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: моногр. Часть 1. – Новосибирск: СГГА, 2005. – 333 с.
13. Болдин В. А. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. – 2-е изд., исправ. – М.: ИПРЖР, 1999. – 560 с.
14. Герасимов А. П. Уравнивание государственной геодезической сети. – М.: Картоцентр: Геоиздат, 1996. – 216 с.
15. Изотов А. А. Основы спутниковой геодезии. – М.: Недра, 1974. – 329 с.
16. Мусихин В. В. Мониторинг процессов оседаний земной поверхности в районах интенсивного недропользования на основе интерферометрической обработки данных космического радиолокационного зондирования: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Пермь, 2012. – 146 с.
17. Кашников Ю. А., Мусихин В. В., Лысков И. А. Определение оседаний земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых по данным радарной интерферометрии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – Т. 48, № 4. – С. 68–77.

References

1. Petukhov, I. M., & Batugina, I. M. (1999). *Geodinamika neдр*. Moscow, Sholokhov Moscow State University for Humanities Publ., 287 p. (In Russian).

2. Sidorov, V. A., Kuzmin, Yu. O., & Khitrov, A. M. (2000). Kontsepsiya "Geodinamicheskaya bezopasnost' osvoeniya uglevodorodnogo potentsiala nedr Rossii". Moscow, IGRGI Publ., 56 p. (In Russian).
3. Umrikhin, I. D., Dneprovskaya, N. I., Entov, V. M., Kurenkov, O. V., Buzinov, S. N., Malakhova, T. A., & Liberman, G. I. (1981). Opredelenie parametrov plastov po dannym nablyudeniya za smeshcheniem poverkhnosti zemli. Oil Industry, (10), pp. 29-32. (In Russian).
4. Khayn, V. E., & Lomize, M. G. (2005). Geotektonika s osnovami geodinamiki. Moscow, Knizhnyy dom "Universitet" Publ., 560 p. (In Russian).
5. Kashnikov, Yu. A., Zalyalov, I. M., Sosnin, V. G., Belyaev, K. V., Korekov, A. V., & Sychev, A. M. (2013). On the creating of geodynamic polygon for monitoring of deformation process in the oil and gas fields development. Oil Industry, (4), pp. 6-9. (In Russian).
6. Kashnikov, Yu. A., Ashikhmin, S. G., Bukin, V. G., Shustov, D. V., & Shadrin, D. M. (2010). Instrumental monitoring of rock subsidence in oil fields of verkhnekamsk region. Oilfield Engineering, (7), pp. 50-54. (In Russian).
7. Brayt, P. I., & Medvedskiy, E. N. (1979). Izmerenie osadok i deformatsiy geodezicheskimi metodami. Moscow, Geoizdat, 200 p. (In Russian).
8. Kashnikov, Yu. A., & Ashikhmin, S. G. (2007). Rock mechanics in petroleum industry. Moscow, Nedra Publ., 466 p. (In Russian).
9. Maznitskiy, A. S. (2002). Geodezicheskiy monitoring i prognozirovaniye tekhnogennoy geodinamiki na mestorozhdeniyakh nefi i gaza. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk. Kiev, 22 p. (In Russian).
10. Khisamov, R. S., Gatiyatullin, N. S., Kuz'min, Yu. O., Bakirov, R. Kh., Gatiyatullin, R. N., Razmatulin, M. Kh.,... Kashurkin, P. I. (2012). Sovremennaya geodinamika i seysmichnost' yugovostoka Tatarstana. Kazan, Tatarstan Academy of Sciences, Fen Publ., 240 p. (In Russian).
11. Kashnikov, Yu. A., Belyaev, K. V., Bogdanets, E. S., & Sogorin, A. A. (2018). Marksheyderskoe obespechenie razrabotki mestorozhdeniy nefi i gaza. Moscow, Nedra, 454 p. (In Russian).
12. Antonovich, K. M. (2005). Ispol'zovaniye sputnikovykh radionavigatsionnykh sistem v geodezii. Chast' I. Novosibirsk, SGGG Publ., 333 p. (In Russian).
13. Boldin, V. A. (1999). Global'naya navigatsionnaya sputnikovaya sistema GLONASS. 2nd edition, revised. Moscow, IPRZHR Publ., 560 p. (In Russian).
14. Gerasimov, A. P. (1996). Uravnivaniye gosudarstvennoy geodezicheskoy seti. Moscow, Kartotsentr: Geodezizdat Publ., 216 p. (In Russian).
15. Izotov, A. A. (1974). Osnovy sputnikovoy geodezii. Moscow, Nedra Publ., 329 p. (In Russian).
16. Musikhin, V. V. (2012). Monitoring protsessov osedaniya zemnoy poverkhnosti v rayonakh intensivnogo nedropol'zovaniya na osnove interferometricheskoy obrabotki dannykh kosmicheskogo radiolokatsionnogo zondirovaniya: Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. Perm, 146 p. (In Russian).
17. Kashnikov, Yu. A., Musikhin, V. V., & Lyskov, I. A. (2012). Radar interferometry-based determination of ground surface subsidence under mineral mining. Journal of Mining Science, 48(4), pp. 649-655. (In Russian).

Сведения об авторах

Мисюрёв Денис Андреевич, младший научный сотрудник, Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, e-mail: denis.misyrev@gmail.com

Васильев Юрий Владимирович, к. г.-м. н., старший научный сотрудник, Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень

Иноземцев Дмитрий Павлович, ведущий инженер, Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень

Information about authors

Denis A. Misyurev, Junior Researcher, West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, e-mail: denis.Misyurev@gmail.com

Yuri V. Vasilev, Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Researcher, West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen

Dmitry P. Inozemtsev, Leading Engineer, West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen