

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОВРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДАМИ ВЫСОКОТОЧНОЙ ГЕОДЕЗИИ НА ЯМБУРГСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

О.В. Волков, Ю.В. Васильев, Д.П. Иноземцев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук Западно-Сибирский филиал, г. Тюмень, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты маркшейдерско-геодезических исследований за современными деформационными процессами на территории Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Установлено техногенное влияние разработки на формирование вертикальных сдвижений наблюдательных пунктов геодинамического полигона. Определено, что наибольшие оседания поверхности приурочены к участкам максимальных отборов и падения пластовых давлений в зоне совмещенных контуров сеномана и неокома. Прослеживается тенденция оседания земной поверхности над подрабатываемой территорией месторождения. Выявлено, что сопоставительный анализ результатов геодинамического мониторинга: спутниковые наблюдения, геолого-промысловые показатели разработки месторождения позволили определить локальную зону оседания в северной части месторождения. Результаты исследований могут быть полезными для маркшейдерских служб нефтегазовых месторождений при выполнении геодинамического мониторинга.

Ключевые слова: деформационные процессы, геодинамический мониторинг, высокоточные геодезические измерения, нивелирование, геодезические спутниковые наблюдения, мульда оседания земной поверхности, промышленная безопасность.

RESULTS OF MONITORING OF MODERN DEFORMATION PROCESSES BY METHODS OF HIGH-PRECISION GEODESY AT THE YAMBURG GEODYNAMIC POLYGON

O.V. Volkov, Yu.V. Vasiliev, D.P. Inozemtsev

Federal State Budgetary Institution of Science Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences West Siberian Branch, Tyumen, Russia

Abstract: The article presents the results of surveying and geodetic studies of modern deformation processes on the territory of the Yamburg oil and gas condensate field. The technogenic influence of the development on the formation of vertical shifts of observation points of the geodynamic polygon has been established. It is determined that the greatest subsidence is confined to the areas of maximum sampling and falling reservoir pressures in the area of the combined contours of the Cenomanian and Neocomian. It is shown that there is a tendency of subsidence of the earth's surface over the mined area of the deposit. It was revealed that a comparative analysis of the results of geodynamic monitoring: satellite observations, geological and commercial indicators of the field development allowed to determine the local subsidence zone in the northern part of the field. The results of the research can be useful for surveying services of oil and gas fields when performing geodynamic monitoring.

Keywords: deformation processes, geodynamic monitoring, high-precision geodetic measurements, leveling, geodetic satellite observations, subsidence of the Earth's surface, industrial safety.

Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) открыто в 1969 году, в разработку введено в 1984 году. Территория Ямбургского месторождения расположена на севере Тазовского полуострова в заполярной части Западной Сибири. Административно Ямбургское месторождение входит в Надымский и Тазовский районы Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области.

Ямбургский лицензионный участок (ЛУ) согласно нефтегазогеологическому районированию расположен в Надым-

ском нефтегазоносном районе Надым-Пурской нефтегазоносной области [1]. В пределах Ямбургского ЛУ расположено Ямбургское НГКМ.

В геологическом разрезе платформенного чехла Ямбургского ЛУ выделяются следующие нефтегазоносные комплексы (НГК): сеноманский, глубиной залегания до 1500 м, неомский (от 1500 до 3500 м) и юрский (от 3500 до 4500 м).

Разработка основной площади сеноманской газовой залежи Ямбургского НГКМ началась в 1986 году с ввода в экс-

плутацию УКПГ-2 Ямбургской площади. По состоянию на 01.01.2023 год общий фонд сеноманских газовых скважин Ямбургского НГКМ составлял 1254 единиц. Фонд пробуренных скважин на нижнемеловые (неокомские) отложения Ямбургского НГКМ, предназначенный для добычи газа и конденсата, а также контроля за процессом разработки, составляет 487 ед.

Процессы техногенного воздействия на недра в основном связаны здесь с отбором газа и конденсата, в меньшей степени с бурением скважин, гидравлическим разрывом пласта (ГРП) и другими технологическими процессами. Интенсивная разработка углеводородов приводит к падению пластового давления в недрах, вертикальным и горизонтальным градиентам давления и в меньшей степени температуры, что является прямой причиной перемещений масс горных пород, то есть глубинных техногенных геодинамических процессов [2, 3, 4].

Целью настоящей работы является выполнение существующих нормативных требований, предъявляемых к недропользователям в процессе освоения месторождений углеводородного сырья, а также обеспечение промышленной безопасности и охраны недр.

Основной задачей работы является получение количественных характеристик вертикальных и горизонтальных движений (деформаций) земной поверхности в пределах исследуемой территории, вызванных природно-техногенными процессами, связанными с процессом добычи углеводородов на месторождении, а также изучение закономерностей их проявления и динамики развития [3].

Методика проведения геодезических наблюдений

Маркшейдерской службой ООО «Газпром добыча Ямбург», начиная с 2013 года, выполняется комплекс высокоточных геодезических наблюдений на созданном геодинамическом полигоне Ямбургского НГКМ в соответствии с разработанным горно-геологическим обоснованием (ГГО) и техническим проектом.

Определение влияния техногенной нагрузки в районах добычи полезных ископаемых всегда опирается на количественные методы сбора данных об изменениях положения земной поверхности. Современные вертикальные и горизонтальные деформации в настоящее время фиксируются с помощью наиболее известных методик геодезических наблюдений: геометрическим нивелированием высокого класса (I или II), а также геодезическим спутниковым позиционированием [5, 6, 7].

Для выявления и количественного измерения деформаций на Ямбургском геодинамическом полигоне запроектирована сеть наблюдательных площадок, которые позволили выявлять изменения в расположении горных пород в пространстве двумя способами [1, 8].

Реализация первого способа — выявление деформационных смещений между пластами горных пород — осуществлялась применением двух типов опорных пунктов, различающихся глубиной закрепления. Опорные пункты неглубокого закрепления (глубина закладки 10–15 м) были расположены рядом, на расстоянии, не превышающем допустимое значение между нивелирными рейками на одной станции нивелирования I класса, с глубинными реперами, закрепленными на заглушенных промысловых скважинах (глубина бурения от 1200 до 3200 м).

Абсолютные сдвиги земной поверхности относительно отсчетной системы WGS 84 фиксировались методом высокоточных геодезических спутниковых наблюдений.

С целью выполнения наблюдений за деформациями была создана 21 площадка контрольных кустов реперов (ККР), размерами не более 100х100 метров (рис. 1.) включающая в себя опорные и контрольные глубинные репера установленные на ликвидированных скважинах и скважинах, находящихся в консервации, а также контрольными фундаментальными (грунтовыми) реперами, заложенными на глубину 15 метров (ниже границы возможных проявлений природных экзогенных процессов).

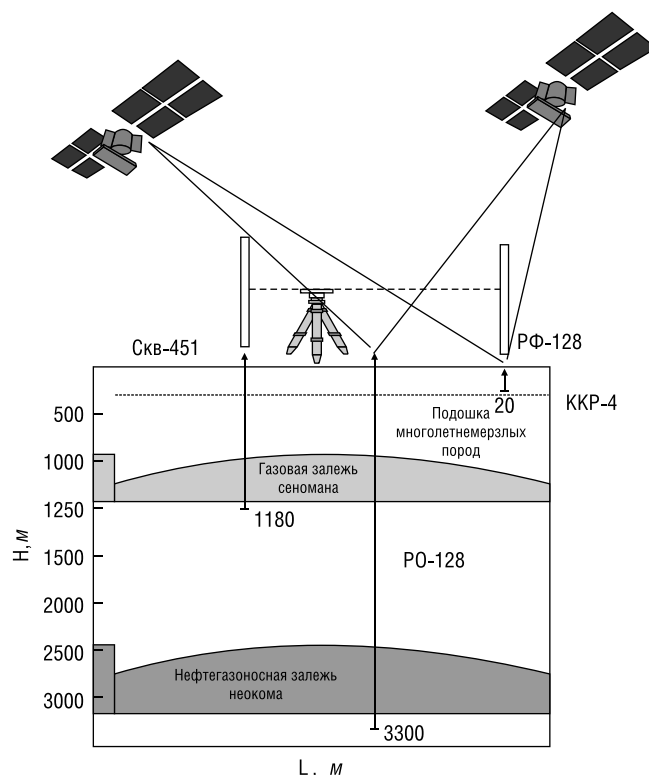


Рис. 1. Принципиальная схема «вертикальной» компоновки площадки ККР на Ямбургском НГКМ / Fig. 1. Schematic diagram of the «vertical» layout of the KKR site at the Yamburgsky NGKM.

Оцифровка рис. 1 по вертикали показывает глубины закладки разных типов реперов (в метрах) на площадке ККР. По горизонтали схематически показано размещение реперов на площадке ККР в плановом положении (расстояние между максимально отстоящими реперами не превышает 100 м).

Выбор переоборудованных в наблюдательный репер ликвидированных скважин [9] в первую очередь определялся глубиной их заложения — от коллекторов нижнего мела (3200–3300 м) до сеноманских пластовых коллекторов (1200–1350 м):

- ✦ репера на скважинах глубиной закладки ниже всех отрабатываемых пластов коллекторов принимаются за опорные глубинные репера и считаются исходными;
- ✦ репера на скважинах, заложенных над отрабатываемым пластовым коллектором приняты как контрольные глубинные репера.

Фундаментальные реперы оборудованы устройством принудительного центрирования, позволяющим установку ГНСС приемников с целью проведения спутниковых наблюдений. Расстояния до 100 метров между реперами, оборудованными на скважинах и фундаментальными (грунтовыми) реперами позволило с максимально возможной точностью определять превышение между ними с одной нивелирной станции I класса. Влияние температурного расширения производилось с помощью цепи термодатчиков, показания которых считывались в момент производства высокоточного нивелирования I класса. Схема спутниковой наблюдательной сети Ямбургского ГДП показана на (рис. 2).



Рис. 2. Схема спутниковой наблюдательной сети Ямбургского ГДП /
Fig. 2. Diagram of the satellite observation network of the Yamburg GDP.

Результаты исследований

Высокоточные спутниковые наблюдения

В качестве элемента инструментальной базы научных исследований на территории Ямбургского геодинамического полигона выполнялись спутниковые наблюдения с использованием информации с постоянно действующих спутниковых геодезических станций (ПДСГС) мировой сети IGS (International GNSS Service).

Для совместной обработки данных ПДСГС Ямбургского НГКМ и станций IGS использовалось программное обеспечение Bernese GNSS Software [10], позволяющее с высокой точностью учитывать движение литосферных плит, движение грунтов, а также морские приливы и отливы. Кроме того, моделирование с помощью ПО Bernese позволяет учитывать все зависящие от времени параметры путем частичного линейного непрерывного представления. В частности, поддерживается учет зенитной тропосферной задержки и градиента, параметров ориентации Земли и глобальных ионосферных моделей.

По результатам обработки данных за период 2013–2022 годы по ПО BERNESE установлено, что пункт YAMB, расположенный за границей лицензионного участка, является

самым стабильным на протяжении почти 10 лет наблюдений, что также подтвердилось результатами обработки коротких линий в каркасной сети.

На коротких линиях (в табл. 1) был выполнен анализ положения опорных пунктов, закрепленных на глубоких ликвидированных скважинах (ниже промыслового горизонта PO105, PO 128, PO 21606 и PO П-1).

Таблица 1 / Table 1

Сравнение координат опорных пунктов ЯНГКМ (2015–2022 гг.) /
Comparison of the coordinates of the YANGKM strongholds
(2015–2022).

Пункт / Point	Сдвиг по X 2022-2015 (м) / Shift by X 2022-2015 (m)	Сдвиг по Y 2022-2015 (м) / Y shift 2022-2015 (m)	Сдвиг по H 2022-2015 (м) / Shift by H 2022-2015 (m)
HARV_N	-0,007	-0,014	-0,021
YA2B	-0,010	-0,015	-0,016
YA4A	-0,004	-0,010	-0,035
YAMB_N	0,000	0,000	0,000
PO 105	-0,007	-0,006	-0,039
PO 128	-0,035	-0,006	-0,014
PO 21606	0,008	0,001	-0,074
PO П-1	0,014	-0,006	-0,014

Для фильтрации данных по базовым станциям IGS использовалась модель MORVEL [11], которая представляет собой набор угловых скоростей и неопределенностей, который описывает движения 25 тектонических плит, что в совокупности покрывают 97,2 % поверхности Земли. Модель MORVEL построена на основе морских геофизических, сейсмологических и геодезических данных из архивов и исследователей из десяти разных стран и использует гораздо больше данных, чем оценки движения плит NUVEL-1 и NUVEL-1A, которые были опубликованы в 1990 и 1994 годах. NNR-MORVEL-56 расширяет модель MORVEL с 25 плит, которая покрывает 97,2% поверхности Земли, путем включения 31 дополнительной плиты [12, 13].

Схема распределения сдвижений, выявленная от сети IGS, показывает наличие вертикальных деформаций, величиной до 10 мм/год, сконцентрированных в центральной части месторождения. Об этом свидетельствуют также графики временных серий с вычтенными MORVEL-56 скоростями (рис. 3, 4).

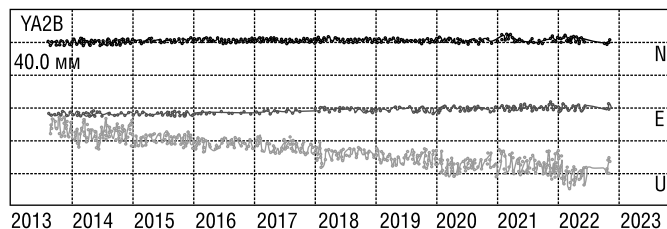


Рис. 3. График смещения пункта YA2B за период 2013–2022гг. /
Fig. 3. The graph of the displacement of the YA2B point for the period 2013–2022.

На приведенных графиках приняты следующие обозначения / The following designations are used in the graphs shown:

Ось N — сдвигения в направлении север-юг / The N-axis is a north-south movement;

Ось E — сдвигения в направлении запад-восток / The E-axis is moving in the west-east direction;

Ось U — сдвигения в высотном направлении / The U-axis is the displacement in the high-altitude direction

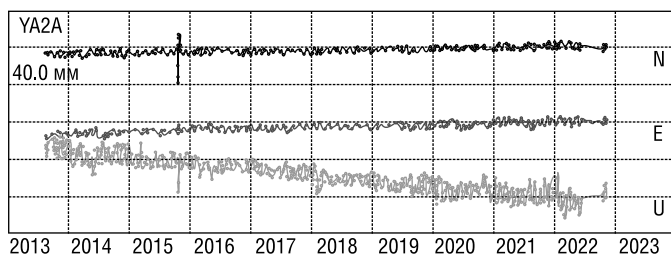


Рис. 4. График смещения пункта UA4A за период 2013-2022гг. /
Fig. 4. Graph of the displacement of point UA4A for the period 2013-2022.

Единичное деление координатной сетки графиков в вертикальном направлении — сдвигения на 40 мм, в горизонтальном направлении — временной интервал в 1 год. Графики вертикальных сдвижений по оси U свидетельствуют о наличии тенденции оседания земной поверхности. Таким образом, на основе данных, полученных с помощью высокоточных спутниковых GPS/ГЛОНАСС наблюдений, создана схема распределения деформаций по территории Ямбургского НГКМ.

По результатам обработки результатов спутниковых данных получена в изолиниях схема распределения вертикальных деформаций, которая свидетельствует о стабильной тенденции оседания земной поверхности территории месторождения (рис. 6а).

Вертикальная деформация с максимальным отрицательным сдвижением выявлена в пункте РФ 4330 -55мм (ККР-2).

Высокоточное геометрическое нивелирование

Высокоточное нивелирование на контрольных кустах реперов выполнялось по методике нивелирования I класса [14, 15, 16]. Работы по нивелированию выполнены электронным нивелиром Trimble DINI 03 с комплектом кодовых инварных реек LD13. При соблюдении методики нивелирования обеспечивалась точность определения превышений между реперами с одной станции не хуже $\pm 0,07$ мм.

Определение вертикальных деформаций контрольных глубинных, опорных глубинных и фундаментальных грунтовых реперов, на каждой площадке ККР, суммарные деформации коллекторов сеноманских и неокомских залежей (по контрольному фундаментальному реперу) или только сеноманских залежей (по контрольному глубинному реперу), осуществлялось в соответствии с проектом и результатов ранее выполненных работ [1, 8].

Работы выполнялись по результатам нивелирования на одной станции с точностью и по методике, соответствующей требованиям нивелирования I класса. Полученное среднее квадратическое отклонение (СКО) по ходам нивелирования в среднем равнялась 0,35 мм (на погонный км хода), что лишь немногим хуже паспортной точности использованного нивелира.

При выполнении нивелирования за опорный репер (исходный) принимался репер, закрепленный на скважине. В основном, накопленные вертикальные сдвигения в преде-

лах площадки ККР, не зависимо от глубины опорной скважины, составили первые миллиметры за период 4 года.

Выполненные нивелировки I класса не выявили каких-либо значимых подвижек на площадках контрольных кустов реперов. Максимальное оседание -3 мм наблюдается на пункте РГ-13 на ККР-5, в то время как максимальное положительное сдвижение +8 мм выявлено на репере РГ-6 на ККР 12 (рис. 5).

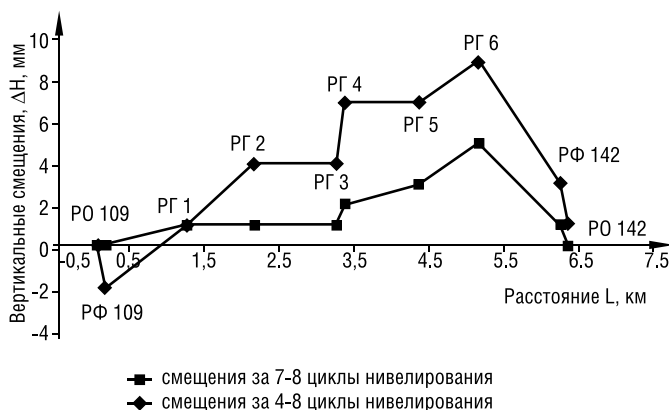


Рис. 5. График выявленных относительных сдвижений реперов на площадке ККР 12 /

Fig. 5. The graph of the revealed relative shifts of the reference points at the KKR 12 site.

Сопоставительный анализ результатов нивелирования, спутниковых наблюдений и основных геолого-промысловых показателей разработки

Научно-практический опыт прогноза и регистрации осадок земной поверхности при долговременной добыче углеводородного сырья свидетельствует о том, что величина оседания, так или иначе, увязывается с величиной уплотнения коллектора. Именно деформирование порового пространства и минерального скелета коллекторов, вследствие падения пластовых давлений, является основной причиной самого уплотнения пород-коллекторов с оседанием земной поверхности [17, 18].

В этой связи, для определения степени техногенного влияния разработки месторождения на современные деформации земной поверхности анализируются карты накопленных отборов и текущих пластовых давлений (по сеноману и неокому) для сопоставительного анализа и выявления корреляционных связей с картами вертикальных сдвижений [19, 20].

Ямбургское НГКМ месторождение многопластовое и контуры нефтегазоносности пластов сеномана и неокома совмещены в северной части месторождения, поэтому наибольшие оседания земной поверхности зафиксированы в зоне совмещения контуров газоносности. Здесь влияние разработки и техногенная нагрузка на недра сопряжена с наибольшей этажностью продуктивных пластов и наибольшими добычными показателями, связанные с отбором газа и газового конденсата.

Сопоставительный анализ полученной информации по накопленной добыче газа с начала разработки на 01.01.2023 года с данными по нивелированию за период 2015-2022 годы, свидетельствует о высокой корреляционной связи зоны локального оседания с зонами максимальных отборов. Это связано

с тем, что в недрах изъятие углеводородного сырья приводит к падению пластового давления (для пласта ПК1, с начального 11,54 МПа до текущего 2,61 МПа), которое в свою очередь влечет за собой изменение ортометрических высот и создает условия для формирования мульды оседания, выявленной по данным геодезических измерений.

Эти выводы подтверждаются карт-схемами накопленных отборов и пластовых давлений по основному объекту разработки (ПК1), а также данными по спутниковым геодезическим наблюдениям за период 2015–2022 в северной части месторождения (рис. 6, см. цветную вклейку на стр. 48).

Выводы

1. Построенная карта-схема вертикальных деформаций по данным спутниковых геодезических наблюдений за период 2015–2022 годы свидетельствует о выявленной тенденции оседания земной поверхности в северной части территории месторождения (по изолинии –20 мм), приуроченной к участкам максимальных отборов и падения пластового давления пластов в зоне совмещения контуров сеномана и неокома.

2. Сопоставительный анализ результатов выполненных работ позволяет сделать вывод о том, что прослеживается

взаимосвязь по выявленной локальной зоне оседания в северной части месторождения (по спутниковым наблюдениям) с динамикой падения пластовых давлений (по картам изобар), величиной отбора конденсата (газа) по геолого-промышленным показателям разработки.

3. Результаты высокоточных инструментальных спутниковых наблюдений и нивелирования свидетельствуют о том, что относительные значения вертикальных и горизонтальных деформаций, даже в зонах максимальных сдвижений, на порядок меньше допустимых и предельных по нормативным документам, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния разработки на промышленную (деформационную) безопасность объектов добычи и обустройства ЯНГКМ.

4. Для обеспечения геодинамической безопасности нефтегазовых месторождений и выявления условий формирования современных деформационных процессов необходимо использование системного подхода. Анализ и интерпретация результатов маркшейдерско-геодезических измерений на геодинамических полигонах с учетом данных геолого-промышленного мониторинга является обязательным элементом информационной базы, для определения техногенного влияния разработки сдвижения земной поверхности. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ю.В., Иноземцев Д.П., Волков О.В., Семенов С.С. Анализ и интерпретация результатов маркшейдерско-геодезических наблюдений на геодинамическом полигоне Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения // Маркшейдерский вестник 2022. №3. 45–55 с.
2. Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 №2395-1 (последняя редакция 2022). – 108 с.
3. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О. и др. Концепция «Геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр России». – М.: 2000. – 56 с.
4. Кузьмин Ю.О., А.И. Никонов Геодинамический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. В кн.: Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Выпуск 2. – М.: ГЕОС, 2002. – 450 с.
5. Васильев Ю.В., Яковлев С.И., Филатов А.В. Результаты мониторинга деформационных процессов методами высокоточной геодезии, гравиметрии, радарной интерферометрии на Самотлорском геодинамическом полигоне // Маркшейдерский вестник. 2015. № 4. 38–44 с.
6. Васильев Ю.В., Мартынов О.С., Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г. Проблема обеспечения геодинамической безопасности Усть-Вахской площади Самотлорского месторождения. // Нефтегазопромышленное дело. 2010. №7. 58–65 с.
7. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: Автореф. дис. докт. техн. наук. Г. Новосибирск СГГА, 2007. – 36 с.
8. Волков В.И. Условия эффективного применения метода повторного нивелирования при изучении современных движений земной коры на геодинамических полигонах: Автореф. дис. докт. техн. наук. – Санкт-Петербург: СПбГИ (Технический университет), 1994. – 36 с.
9. Волков О.В., Никифоров С.Э. Об устройстве опорных реперов на устьях ликвидируемых скважин // Маркшейдерский вестник. – 2015. №6. 21–22 с.
10. Сайт Bernese GNSS Software. <http://www.bernese.unibe.ch/> (дата обращения: 08.03.2023)
11. Сайт <http://www.geology.wisc.edu/~chuck/MORVEL/> (дата обращения: 08.03.2023)
12. Хайн В.Е., Ломидзе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: КДУ, 2005. – 560 с.
13. Еременко В.Я. Геодинамика платформенных областей и дистанционные методы ее изучения. – СПб, 1999. – 201 с.
14. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. – М.: Недра, 2007. – 467 с.
15. Вершинина Ю.В. Геодезическое обеспечение мониторинговых наблюдений за деформационными процессами на геодинамических полигонах нефтегазовых месторождений. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – СПб: СПб ГАСУ. – 2015. – 134 с.
16. Кузьмин Ю.О., Жуков В.С. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород. – М.: изд. Моск. горного ун-та. 2004 г. – 262 с.
17. Петухов И.М., Батурина И.М. Геодинамика недр. М.: изд-во МГГУ., 1999. – 287 с.
18. Калугин А.В., Васильев Ю.В. Система обеспечения геодинамической безопасности на примере проекта «Геодинамический полигон для наблюдений за деформациями земной поверхности на Тарасовском месторождении» // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2002. №3. 95–100 с.
19. Ганьшин В.И., Стороженко А.Ф., Ильин А.Г. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов. – М.: Недра, 1981. – 162 с.
20. Серебрякова Л.И., Басманов А.В. Предварительные результаты обработки и анализа повторных геодезических измерений, выполненных на Северо-Кавказском геодинамическом полигоне Росреестра. // Геодезия и картография. 2014. №4. 44–54 с.

REFERENCES

1. Vasiliev Yu.V., Inozemtsev D.P., Volkov O.V., Semenov S.S. Analysis and interpretation of the results of surveying and geodetic observations at the geodynamic polygon of the Yamburg oil and gas condensate field//Surveying Bulletin 2022. No.3. 45-55 p.
2. The Law of the Russian Federation «On Subsoil» dated 02/21/1992 No. 2395-1 (last edition 2022).-108 p.
3. Sidorov V.A., Kuzmin Yu.O. et al. The concept of «Geodynamic safety of the development of the hydrocarbon potential of the subsoil of Russia».-M.: 2000.- 56 p.
4. Kuzmin Yu.O., A.I. Nikonov Geodynamic monitoring of oil and gas facilities. In: The fundamental basis of new technologies of the oil and gas industry. Issue 2. - M.: GEOS, 2002. - 450 p.
5. Vasiliev Yu.V., Yakovlev S.I., Filatov A.V. Results of monitoring of deformation processes by methods of high-precision geodesy, gravimetry, radar interferometry at the Samotlor geodynamic polygon // Surveying Bulletin. 2015. No. 4. 38-44 p.
6. Vasiliev Yu.V., Martynov O.S., Kashnikov Yu.A., Ashikhmin S.G. The problem of ensuring geodynamic safety of the Ust-Vakhskaya area of the Samotlor deposit.// Oil and gas field business..2010. No.7.58-65 p.
7. Antonovich K.M. The use of satellite radio navigation systems in geodesy: Abstract. dis. doct. Technical Sciences. Novosibirsk SGGA, 2007.- 36 p.
8. Volkov V.I. Conditions for the effective application of the method of repeated leveling in the study of modern movements of the Earth's crust on geodynamic polygons: Abstract. dis. doct. technical sciences. - St. Petersburg: SPbGI (Technical University), 1994. - 36 p.
9. Volkov O.V., Nikiforov S.E. On the device of reference reference points at the mouths of liquidated wells // Surveying Bulletin. -2015.No.6. 21-22 p.
10. Bernese GNSS Software website. <http://www.bernese.unibe.ch/> (accessed: 08.03.2023)
11. Website <http://www.geology.wisc.edu/~chuck/MORVEL/> (accessed: 08.03.2023)
12. Hain V.E., Lomidze M.G. Geotectonics with the basics of geodynamics. Moscow: KDU, 2005.-560 p.
13. Eremenko V.Ya. Geodynamics of platform areas and remote methods of its study. - St. Petersburg, 1999. - 201 p.
14. Kashnikov Yu.A., Ashikhmin S.G. Mechanics of rocks in the development of hydrocarbon deposits. - M.: Nedra, 2007.- 467 p.
15. Vershinina Yu.V. Geodetic support of monitoring observations of deformation processes at geodynamic polygons of oil and gas fields. //Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. - St. Petersburg: SPb GASU. - 2015. - 134 p.
16. Kuzmin Yu.O., Zhukov V.S. Modern geodynamics and variations of physical properties of rocks. - M.: ed. Moscow. mountain university. 2004 - 262 p.
17. Petukhov I.M., Batugina I.M. Geodynamics of the subsoil. M.: publishing house of Moscow State University., 1999.-287 p.
18. Kalugin A.V., Vasiliev Yu.V. The system of ensuring geodynamic safety on the example of the project "Geodynamic polygon for observations of deformations of the Earth's surface at the Tarasovskoye field" //Izvestia of higher educational institutions. Oil and gas. 2002. No. 3. 95-100 p.
19. Ganshin V.I., Storozhenko A.F., Ilyin A.G. Measurement of vertical displacements of structures and stability analysis of reference points.-M.: Nedra, 1981.-162 p.
20. Serebryakova L.I., Basmanov A.V. Preliminary results of processing and analysis of repeated geodetic measurements performed at the North Caucasus geodynamic polygon of Rosreestr. // Geodesy and cartography. 2014. No.4. 44-54 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Волков Олег Викторович:
заместитель начальника службы главного
маркшейдера,
ООО «Газпром добыча Ямбург»
г. Новый Уренгой, Россия,
e-mail: O.Volkov@yamburg.gazprom.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Volkov Oleg Viktorovich:
deputy Head of the Chief Surveyor's Service,
«Gazprom Dobycha Yamburg»,
Novy Urengoy, Russia,
e-mail: O.Volkov@yamburg.gazprom.ru



Васильев Юрий Владимирович
старший научный сотрудник,
кандидат геолого-минералогических наук
Западно-Сибирский филиал
Институт нефтегазовой геологии и геофизики
(ЗСФ ИНГГ СО РАН),
г. Тюмень, Россия,
e-mail: 968355@mail.ru

Vasiliev Yuri Vladimirovich:
senior researcher,
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
West Siberian branch of the Institute of Petroleum
Geology and Geophysics (ZSF INGG SB RAS),
Tyumen, Russia,
e-mail: 968355@mail.ru



Иноземцев Дмитрий Павлович:
гл. геодезист,
Западно-Сибирский филиал
Институт нефтегазовой геологии и геофизики
(ЗСФ ИНГГ СО РАН),
Тюмень,
e-mail: radan92@list.ru

Inozemtsev Dmitry Pavlovich:
chief surveyor,
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
West Siberian branch of the Institute of Petroleum
Geology and Geophysics (ZSF INGG SB RAS),
Tyumen, Russia,
e-mail: radan92@list.ru

БЛАГОДАРНОСТИ / ПРИЗНАТЕЛЬНОСТЬ / ACKNOWLEDGMENTS: Программное обеспечение для камеральной обработки полевых инструментальных измерений применялось при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ № FWZZ-2022-0015" / The software for in-house processing of field instrumental measurements was used with the financial support of the project of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FWZZ-2022-0015".

ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION: Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare everyone's equal contribution to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.



МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г. И. НОСОВА

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова – один из крупнейших многопрофильных вузов страны, в котором обучается более девяти тысяч студентов и работает около двух тысяч преподавателей и сотрудников.

Институты, факультеты, кафедры

Институт металлургии, машиностроения и материалобработки

Институт горного дела и транспорта

Институт энергетики и автоматизированных систем

Институт дополнительного профессионального образования и кадрового инжиниринга МГТУ «Горизонт»

Проектная школа

Контакты : единый контакт-центр: +7 800 100 1934, e-mail: mgtu@magtu.ru

приемная комиссия: +7 3519 33 09 39, e-mail: priem@magtu.ru



WWW.N-GN.RU



**СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ**



**SATBAYEV
UNIVERSITY**

SATBAYEV UNIVERSITY – крупнейший в Казахстане научно-методический центр, разрабатывающий специальные программы подготовки специалистов для нужд промышленности, сложных проектов и создания команд профессионалов мирового уровня.

БАКАЛАВРИАТ

- ◆ 56 образовательных программ
- ◆ Ежегодные гранты от ректора
- ◆ Более 2000 государственных грантов ежегодно
- ◆ Кредитная система обучения
- ◆ Учеба на казахском, русском, английском
- ◆ Участие в научных исследованиях

Контакты:

Бакалавриат: +7 (700) 219 47 29, +7 (727) 292 73 01, +7 (727) 292 77 79, +7 (727) 292 67 03, +7 (727) 292 57 34, UNDGRAD@SATBAYEV.UNIVERSITY

Магистратура: +7 (700) 219 47 29, +7 (727) 292 73 01, +7 (727) 292 77 79, +7 (727) 320 41 12, GRAD@SATBAYEV.UNIVERSITY

Докторантура: +7 (700) 219 47 29, +7 (727) 292 73 01, +7 (727) 292 77 79, +7 (727) 320 41 12, +7 (727) 320 41 23, PHD@SATBAYEV.UNIVERSITY

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова: IGNGD@SATBAYEV.UNIVERSITY, Приемная +7 (727) 292 79 62

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова: IMIP@SATBAYEV.UNIVERSITY, Приемная +7 (727) 320 40 45

Центр поддержки обучающихся: +7 (727) 320 41 16, OR-HELP@SATBAYEV.UNIVERSITY

Дистанционное обучение: +7 (700) 219 47 29, +7 (727) 320 40 51

Центр по связям с общественностью: +7 (777) 377 00 29

МАГИСТРАТУРА

- ◆ 47 образовательных программ
- ◆ 11 образовательных программ профильной магистратуры
- ◆ Трудоустройство за границей благодаря программам «двойного диплома»
- ◆ Ежегодные гранты от ректора
- ◆ Гранты с трудоустройством в «Казатомпром»

ДОКТОРАНТУРА

- ◆ 37 образовательных программ
- ◆ Активная исследовательская работа
- ◆ Взаимодействие с зарубежными вузами-партнерами
- ◆ Два научных консультанта (отечественный и зарубежный)

WWW.N-GN.RU