



ТРОФИМУКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021

**ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С УЧАСТИЕМ ИНОСТРАННЫХ УЧЕНЫХ**

11–16 октября 2021 г.

МАТЕРИАЛЫ



**ИНГГ
СО РАН**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ
ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИМ. А. А. ТРОФИМУКА СО РАН
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ТРОФИМУКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021
Год науки и технологий – 2021

Материалы Всероссийской молодежной научной конференции
с участием иностранных ученых

г. Новосибирск, 11–16 октября 2021 г.

Новосибирск
2021

УДК 55:550.8+338.012(063)
ББК ИЗ6я431
Т 76

Программный комитет

Председатель – академик РАН *А. Э. Конторович*
Зам. председателя – д-р техн. наук *И. Н. Ельцов*

Члены программного комитета:

акад. РАН *В. А. Верниковский*, акад. РАН *М. И. Эпов*, чл.-корр. РАН *В. Н. Глинских*,
чл.-корр. РАН *В. А. Каширцев*, чл.-корр. РАН *В. А. Конторович*, чл.-корр. РАН *И. Ю. Кулаков*,
чл.-корр. РАН *Б. Н. Шурыгин*, д-р геол.-минерал. наук *Л. М. Буриштейн*,
д-р геол.-минерал. наук *Д. В. Гражданкин*, д-р геол.-минерал. наук *Б. Л. Никитенко*,
д-р геол.-минерал. наук *Н. В. Сенников*, д-р геол.-минерал. наук *А. Н. Фомин*,
канд. геол.-минерал. наук *И. А. Губин*, канд. геол.-минерал. наук *Д. А. Новиков*,
канд. геол.-минерал. наук *Т. М. Парфенова*

Организационный комитет

Председатель – *О. А. Локтионова*
Секретарь – *С. М. Ибрагимова*

Члены организационного комитета

М. В. Соловьев, *Д. В. Аюнова*, *К. В. Долженко*, *Ф. Ф. Дульцев*, *Е. А. Земнухова*,
К. И. Канакова, *А. А. Федосеев*, *Е. Е. Хогоева*

Т76 Трофимуковские чтения – 2021 : Материалы Всерос. молодежной науч. конф. с участием иностр. ученых / Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН ; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. – 280 с.

ISBN 978-5-4437-1251-2

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых «Трофимуковские чтения – 2021», посвященной 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука (Новосибирск, Россия, 11–16 октября 2021 г.). В докладах отражены современные теоретические и практические проблемы геологии нефти и газа. Внимание уделено вопросам общей и региональной геологии нефтегазоносных осадочных бассейнов, решению актуальных задач тектоники, седиментологии, литологии, палеогеографии, геохимии, стратиграфии и палеонтологии. В публикациях обсуждаются новые результаты исследований в области геохимии нефти, гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов, углеводородного потенциала недр России. Серия работ посвящена моделированию нефтегазообразования в осадочных отложениях Сибири, методам компьютерного моделирования геологических процессов, оценке ресурсов и выявлению закономерностей размещения месторождений углеводородов. В сборник включены доклады, направленные на обсуждение проблем экономики и экологии нефтегазовой отрасли. В ряде докладов представлены результаты изучения геофизических исследований скважин, новые геофизические методы поисков углеводородов. Материалы конференции представляют интерес для специалистов-геологов широкого профиля, а также для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений, специализирующихся в области наук о Земле.

УДК 55:550.8+338.012(063)
ББК ИЗ6я431

© Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, 2021
© Новосибирский государственный
университет, 2021

ISBN 978-5-4437-1251-2

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ (СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, ТЕКТНИКА, ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ОСАДОЧНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ)

Багаев Д. З. Геолого-геофизическая модель северной части бассейна Восточно-Сибирского моря с целью обоснования перспективных нефтегазоносных районов.....	8
Гришина А. А., Сапьяник В. В., Торопова Т. Н. Реконструкция обстановок осадконакопления байос-батских отложений в западной части Енисей-Хатангской НГО и сопредельных территорий.....	12
Гришина А. А., Торопова Т. Н., Сапьяник В. В. Геологическое строение западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и перспективы газоносности меловых отложений (на примере Подпимского ССК).....	15
Дроздов Д. К., Пахомова К. А., Виноградов Е. В. Палеогеографическое положение Сибири в позднем венде – раннем кембрии по результатам палеомагнитного анализа осадочной последовательности Оленекского поднятия	18
Ефременко В. Д. Белемниты и биостратиграфия нижнемеловых отложений Анабарского района Сибири.....	23
Злобина А. В. Стратиграфия и органическая геохимия нижней юры восточной части Анабаро-Ленского регионального прогиба (бассейн р. Келимяр).....	27
Нечаев М. С. Литологическая характеристика отложений овинпармского горизонта лохковского яруса нижнего девона в разрезе ручья Дэршор (гряда Чернышева).....	30
Пахомова К. А., Дроздов Д. К. Палеогеография Суханского осадочного бассейна по палеомагнитным данным хатыспытской свиты (венд Оленекского поднятия)	33
Пащенко А. А. Биостратиграфия синской и куторгиновой свит нижнего кембрия северо-запада Алданской антеклизы.....	38
Смольянова Д. В., Курагин Д. И., Зуева Е. А. Оценка перспектив нефтегазоносности доманиковых отложений юго-восточной части Мухано-Ероховского прогиба	42
Тахватулин М. М., Масленников М. А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрских, триасовых и пермских отложений южного борта Вилуйской синеклизы.....	45
Удегова В. В., Филиппов Ю. Ф. Потенциально нефтегазоносные комплексы Предъенисейского осадочного бассейна на юго-востоке Западной Сибири	48

СЕКЦИЯ 2. ГЕОФИЗИКА. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Глинских А. В. Численное моделирование потенциалов самопроизвольной поляризации с учетом глинистости пласта-коллектора.....	52
---	----

Кальяк А. А. Модель аппаратного комплекса для определения теплофизических свойств горных пород в условиях естественного залегания	56
Крошка Е. С. Сопоставление широкополосных диэлектрических спектров твердых и разрушенных песчаных пород	60
Крошка Е. С., Родионова О. В. Широкополосная диэлектрическая спектроскопия просеянных фракций песка и плавленых гранул	64
Москаев И. А. Численное моделирование данных скважинной электротомии в геоэлектрических моделях с наклонной двухосной электрической анизотропией	68
Сизиков И. С., Тимофеев А. В., Ардюков Д. Г., Носов Д. А. Результаты измерений силы тяжести и смещений в районе Заполярного и Ямбургского нефтегазовых месторождений	71
Ульянов Н. А., Яскевич С. В., Дергач П. А. Детекция записей слабых локальных землетрясений с использованием машинного обучения.....	76
Федосеев А. А. Определение вещественного состава отложений баженовской свиты на основе электрофизических моделей смесей.....	79
Хогоева Е. Е. Динамика эмиссионного отклика геологической среды по материалам морской сейсморазведки	83
Шилов Н. Н., Грубась С. И., Дучков А. А. Построение сейсмических лучей по решению уравнения эйконала с использованием искусственных нейронных сетей.....	87
Яблоков А. В., Сердюков А. С. Способ подбора архитектуры искусственной нейронной сети для аппроксимации зависимости фазовой скорости поверхностной волны от параметров упругой модели геологической среды	91

СЕКЦИЯ 3. ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕФТИ И ГАЗА, ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Бондоров Р. А., Фомин А. Н. Мацеральный состав и условия формирования углей васюганской свиты на юго-востоке Западно-Сибирского мегабассейна	95
Бурухина А. И., Фурсенко Е. А. Распределение углеводородов C ₄ –C ₉ в нефтях и конденсатах Бованенковского месторождения (полуостров Ямал, Западная Сибирь)	99
Дребот В. В. Изотопный состав углерода и кислорода гидрокарбонат-иона ($\delta^{13}\text{C}$) в подземных водах территории Торейских озер (Восточное Забайкалье).....	102
Иванников А. А. Органическая геохимия юрских отложений востока Енисей-Хатангского регионального прогиба.....	106
Мельник Д. С. Параавтохтонные битумоиды в породах хатыспытской свиты венда Оленекского поднятия на северо-востоке Сибирской платформы	109

Попова И. Д., Долженко К. В. Влияние асфальто-смолистой компоненты битумоида на пиролитические показатели террагенного органического вещества верхнепалеозойского комплекса Вилуйской синеклизы	113
Пыряев А. Н., Максимова А. А. Изотопный состав подземных вод нефтегазоносных отложений центральной части Зауральской мегамоноклизы	117
Черных А. В., Пыряев А. Н., Дульцев Ф. Ф. Новые данные об изотопном составе рассолов нефтегазоносных отложений Сибирской платформы.....	121

СЕКЦИЯ 4. МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Бардачевский В. Н. Геологическое строение и нефтегазоносность региональных резервуаров нижнемелового клиноформного комплекса Гыданского полуострова	126
Белоусов А. А., Титов Б. Г. Моделирование методики определения содержания в породе урана, тория калия методом пассивной гамма-спектрометрии	130
Зервандо Я. В., Елишева О. В. Предпосылки заполнения резервуаров неокомского интервала разреза Ай-Яунской площади углеводородами	133
Канакова К. И., Канаков М. С., Ибрагимова С. М. Методика выделения литотипов по данным ГИС в отложениях горизонта Ю ₁	138
Котухов П. Д. Влияние структурного строения и литологических особенностей вендских терригенных отложений на перспективы нефтегазоносности южного склона Байкитской антеклизы	142
Ошорова Е. М., Аюнова Д. В. Сейсмогеологическая характеристика и нефтегазоносность меловых отложений Ванкорской зоны нефтегазонакопления.....	146
Татевосян Л. С. Структурная характеристика отложений НГГЗК Чкаловского месторождения и прилегающих территорий	149

СЕКЦИЯ 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ НЕФТИ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИДРАТНОГО ГАЗА: МЕТОДЫ ИХ ПОИСКОВ, РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ

Кузнецова М. И. Выявление перспективных объектов баженовской свиты на территории ЯНАО с применением геолого-геофизических критериев	152
Соколов П. А. Поточный измеритель минерализации водных растворов	156

СЕКЦИЯ 6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

Кокорев О. Н., Кейслер А. Г., Истомин А. Д., Носков М. Д., Чеглоков А. А. Геоэкологический прогноз эксплуатации пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов.....	160
---	-----

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ И СМЕЩЕНИЙ В РАЙОНЕ ЗАПОЛЯРНОГО И ЯМБУРГСКОГО НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

И. С. Сизиков, А. В. Тимофеев, Д. Г. Ардюков, Д. А. Носов

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск*

Аннотация. Настоящая работа посвящена анализу результатов гравиметрических измерений, выполненных абсолютным гравиметром ГАБЛ, в комплексе с GPS в зоне Заполярного месторождения на севере Западной Сибири. Полученные изменения значения силы тяжести (до 7 мкгал) полностью объясняются опусканием земной поверхности при нормальном вертикальном градиенте. Результаты измерения смещений в районе Ямбургского месторождения соответствуют значениям, полученным на Заполярном и составляют для скорости опускания значения 20 мм/год. Полученные величины являются типичными для районов эксплуатации нефтегазовых месторождений Западной Сибири. **Ключевые слова:** абсолютная гравиметрия, космическая геодезия, откачка газа, опускание земной поверхности, горизонтальные смещения, Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение, Заполярное нефтегазоконденсатное месторождение, моделирование.

GRAVITY AND DISPLACEMENTS OBSERVATION AT YAMBURGSKOE AND ZAPOLYARNOYE GAS-OIL DEPOSIT

I. S. Sizikov, A. V. Timofeev, D. G. Ardyukov, D. A. Nosov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS, Novosibirsk

Annotation. This work is devoted to analysis of results of measurements developed by absolute gravity method and space geodesy method at territory of Zapolyarnoye deposit situated at Polar part of West Siberia. Gravity increase registered up to 7 microGal and connected with surface subsidence (with normal vertical gradient). We estimated subsidence rates 20 mm/y at Yamburgskoe gas-oil deposit. This result agreed with Zapolyarnoye rates and are typical rates for exploitation regions of gas-oil deposits at West Siberia.

Key words: absolute gravity observation, space geodesy, gas pump, subsidence of earth surface, horizontal displacement, Yamburgskoe gas-oil deposit, Zapolyarnoye gas-oil deposit, modelling.

Введение. Измерение движений земной коры даёт информацию о современных геодинамических процессах. Важное значение имеет исследование таких явлений в зоне разработки месторождений полезных ископаемых, где возможны быстрые движения земной поверхности, опускания, провалы и оползни. Важной частью современных исследований являются абсолютные гравиметрические наблюдения с точностью 10^{-9} от нормального значения, что сравнимо с достижениями космической геодезии. Известно, что откачка значительных объёмов различных видов флюидов вызывает катастрофические опускания

земной поверхности, Итоговое проседание зоны месторождения вызвано тремя факторами: падением пластового давления, весом вышележащей толщи и действующей силы, сформировавшей эту залежь. Современные возможности методов абсолютной гравиметрии [1–5], космической геодезии [6–12] и существующий опыт геодинамических исследований позволяют изучать процесс проседания земной поверхности. Также, известен опыт комплексных исследований, при мониторинге процесса заводнения коллектора месторождения [5]. Задачей настоящей работы является анализ результатов измерений современных движений гравиметрическим и геодезическим методами, выполненных в районе нефтегазовых месторождений Заполярного и Ямбургского, расположенных в Заполярной части Западной Сибири [13].

Результаты измерений. В районе Заполярного месторождения абсолютные гравиметрические измерения проводились на четырёх пунктах гравиметром ГАБЛ. Согласно плану работ предусматривалось повторное проведение измерений на каждом из пунктов в течение 2006–2008 гг. Пример обработки материалов гравиметрических наблюдений на сериях измерений 2006 г. на пункте 2 приведён в табл. 1. Величина силы тяжести представлены в виде: $g = g_{\text{измер}} - A$, где A – постоянное число. В таблице приведены: а) координаты пункта; б) дата и время проведения измерений; в) различные параметры работы гравиметра в данной серии измерений. В колонках – номер серии, время, число бросков в серии, полученное значение силы тяжести, ошибка и значение силы тяжести, исправленная с учётом поправок величина. Далее приведены значения поправок: а) за конечность скорости света – $+dG_{\text{dop}}$; б) за остаточное давление в баллистической камере – $+dG_{\text{vac}}$; в) за влияние атмосферного давления – $+dG_{\text{atm}}$; г) за приливные изменения силы тяжести – $+dG_{\text{tide}}$. Поправка за движение полюса – dG_{pol} вносится в результат средней по всем сериям. Приведены среднеквадратические ошибки, как по отдельным сериям – dG_{msr} , так и по сеансу в целом – dG_{err} . Показано значение эффективной высоты над фундаментом – H_{eff} , которой соответствует измеренное значение g . Окончательные результаты в таблице обозначены как – g (final). Введение поправки за прилив в океане изменяет результат только на 0,5 мкгал.

Таблица 1

Результаты измерений на пункте 2, первая серия, 2006 г.

Долгота 79.56; Широта 66.75; Высота 60.00; Начало 13.04.06 12:40:13; Конец 13.04.06 16:51:11									
Отсчетов 1696 (11...1706); Делитель 1000; Серий 11; Бросков 70; Ворота 5000.0; Длина волны 0.532245576; Давление 766.0; Температура 22.8; Вакуум 1.0									
NN	Time	n	G mean	dGmsr	Gresult	+dGdop	+dGvac	+dGatm	+dGtide
1	12:45:05	69	69801,9	6,89	69712,5	-18,7	5,0	4,6	-80,3
2	13:04:57	66	69803,5	6,10	69711,9	-18,7	5,0	4,6	-82,5
3	13:24:50	69	69791,5	5,16	69698,4	-18,7	5,0	4,6	-84,1
4	13:55:04	65	69805,2	6,15	69710,6	-18,7	5,0	4,6	-85,5
5	14:00:00	65	69804,0	8,41	69709,2	-18,7	5,0	4,6	-85,7
6	15:08:00	70	69801,4	4,29	69707,7	-18,7	5,0	4,6	-84,7
7	15:27:49	69	69796,1	4,65	69703,4	-18,7	5,0	4,6	-83,6
8	15:47:37	70	69790,6	4,74	69699,1	-18,7	5,0	4,6	-82,4
9	16:05:26	68	69785,0	3,88	69694,7	-18,7	5,0	4,6	-81,2
10	16:25:49	65	69798,9	4,75	69710,0	-18,7	5,0	4,6	-79,8
11	16:46:16	70	69797,8	4,41	69710,4	-18,7	5,0	4,6	-78,4
G wav 69704.8; dGerr 1.97; H _{eff} 0.902; dG _{pol} = 4.8 мкГал, g (final)=69709.6									

В период 2006–2008 гг. кондиционные материалы удалось получить лишь на трёх пунктах (табл. 2). В итоге измерений зарегистрировано увеличение значения силы тяжести на пунктах до 7 мкгал в год. Среднее значение по отдельным пунктам составило соответственно:

6,2 мкгал/год (№ 1), 4,2 мкгал/год (№ 2) и 7,0 мкгал/год (№ 3). Среднегодовая скорость по трём пунктам для эпохи 2006–2008 гг. составила + 5,8 мкгал/год.

Таблица 2

Координаты пунктов гравиметрических измерений, вариации значения силы тяжести по годам (относительно начального нулевого значения по пунктам измерений) на Заполярном месторождении по измерениям с абсолютным гравиметром ГАБЛ, значения в микрогалах с ошибкой

Пункт измерения	Широта в градусах	Долгота в градусах	2006 год, апрель	2007 год, апрель	2007 год, сентябрь	2008 год, апрель
УКПГ-1	66,88	79,70	+0.0±2.1	+6.6±2.8	+9.6±4.2	+12.3±4.5
УКПГ-2	66,75	79,56	+0.0±2.2	+1.9±1.4	+3.4±1.8	+8.3±1.3
УКПГ-3	66,81	79,62		+0.0±0.7	+4.5±4.3	+7.0±2.0

Методом космической геодезии измерения современных движений земной поверхности выполнялись в районе Заполярного и Ямбургского нефтегазоконденсатных месторождений в эпоху 2006–2008 гг. Месторождения расположены в субарктической зоне Ямало-Ненецкого автономного округа заполярной части Западно-Сибирской равнины. Измерения выполнялись двухчастотными приёмниками космической геодезии, использованы репера из обсадных труб с заглублением до 10 м. В условиях вечной мерзлоты, таяния и промерзания грунтов повышается ошибка измерений. В зависимости от условий установки антенн

Таблица 3

Координаты пунктов измерений и скорости вертикальных движений в мм/год, определённые методом космической геодезии в эпоху 2006-2007-2008 для постоянной станции Норильск (NRIL) и в зоне Заполярного и Ямбургского нефтегазоконденсатных месторождений. Скорость горизонтальных смещений получена из результатов измерений вычитанием модельной скорости (модель SOPAC-2008, для Евразии координаты полюса Эйлера в градусах: широта 55.851, долгота 262.622; скорость 0.263 градуса/млн.лет)), вектор горизонтальной скорости в мм/год

Код пункта, эпоха	Широта в градусах	Долгота в градусах	Вертикальная скорость в мм/год	Вектор горизонтальной скорости в мм/год
NRIL, апрель: 2006–2008	69,36	88,36	+2,1±2,0	0,5±0,6
Заполярное				
POZA, апрель: 2006–2007	66,87	79,69	-21,4±12,0	10,1±2,1
RP90, апрель: 2006–2007	66,85	79,65	-22,8±7,2	7,6±1,6
Ямбургское				
P28P, август 2007 – август-сентябрь 2008	67,37	74,62	-20,9±6,3	4,9±1,1
P22P, сентябрь: 2007– 2008	67,27	74,38	-16,3±9,5	2,1±0,8

и продолжительности измерений ошибка изменяется от 1 до 10 мм. Период накопления данных на отдельном пункте измерений составлял от двух до пяти суток. При обработке использован последний вариант программы GAMIT-GLOBK [7, 8]. С учётом постоянных станций

Евразии определяем значения координат отдельного пункта, для отдельных эпох наблюдений, получаем значения скоростей. Координаты пунктов измерения смещений по сети на территории Заполярного и Ямбургского месторождений и постоянной станции Норильск (NRIL) международной сети IGS [9], скорости их опускания приведены в табл. 3.

Вариации вертикальной скорости по двум месторождениям находятся в пределах от 16,3 до 22,8 мм/год при ошибке от 6 до 12 мм. Среднее значение скорости опускания по четырём пунктам сети составляет $-20,4$ мм/год. Для района Заполярного месторождения среднее значение вертикальной скорости составило $-22,1$ мм/год, для Ямбургского: $-18,6$ мм/год. Горизонтальные скорости смещений пунктов определялись вычитанием из экспериментального значения модельного, вычисленного по модели движения SOPAC-2008 [10] для Евразийской тектонической плиты (табл. 3). Для территории Заполярного месторождения вектор горизонтального смещения составляет от 7,6 до 10,1 мм/год, направление смещений на СЗ и СВ. На территории Ямбургского месторождения значения горизонтального вектора вектора меньше и меняется от 2,1 до 4,9 мм/год, а направление смещений от СВ до ЮВ.

Выводы. Моделирование процесса откачки для нефтегазового месторождения [14] показывает, что максимальное вертикальное опускание получено в центре прямоугольного пласта, а для меньшего по величине горизонтального смещения максимальное смещение отмечено на границе пласта. Таким образом, при моделировании получено превышение величины вертикального опускания над горизонтальным смещением. В нашем случае пункты измерений находятся внутри области месторождений, что и подтверждают результаты измерений для горизонтальных скоростей. Соотношение изменений силы тяжести и вертикальных движений в среднем составило: $-0,3$ мкгал/мм. Экспериментальное значение, полученное по данным измерений абсолютным гравиметром ГАБЛ и двухчастотными приёмниками космической геодезии в районе Заполярного месторождения с учётом ошибки измерений, хорошо соответствуют нормальному вертикальному градиенту, которое составляет: $-0,308$ мкгал/мм. В результате измерений были зарегистрированы скорости опускания (-20 мм/год), превышающие горизонтальные смещения земной поверхности (от 3,5 до 8,9 мм/год). Скорости, полученные на разных месторождениях с учётом ошибки измерений, отличаются незначительно. Согласно гравиметрическим результатам в комплексе с данными космической геодезии в рассматриваемую эпоху измерений 2006–2008 гг. эффектов, связанных с движением флюидов в пластах горных пород не наблюдается. Отметим, что полученные значения скоростей вертикальных движений, меньше значений, зарегистрированных нивелированием (50–70 мм/год) в предыдущие эпохи на отдельных месторождениях Западной Сибири.

REFERENCES

1. Stus Y. F. Non-tidal Gravity variation and Geodynamic Processes / Y. F. Stus, G. P. Arnautov, E. N. Kalish, V. Y. Timofeev // Gravity and Geoid. – 1995. – P. 35–43.
2. Robertson L. Results from the fifth international comparison of absolute gravimeters, ICAG'97. / L. Robertson, O. Francis, T. M. van Dam et al. // Metrologia. – 2001. – Vol. 38 (1). – P. 71–78.
3. Arnautov G. P. Results of international metrological comparison of absolute laser ballistic gravimeters / G. P. Arnautov // Avtometriya. – 2005. – Vol. 41 (1). – P. 126–136.
4. Sasagawa S. Absolute gravity measurements in California, 1984–1989. / S. Sasagawa, M. A. Zumberge // J. of Geophysical Research. – 1991. – Vol. 96 (B2). – P. 2501–2513.
5. Ferguson John F. 4D absolute gravity method for fluid control at Prudhoe Bay / J. F. Ferguson, F. J. Klopping, T. Chen, J. E. Seibert, J. L. Hare, J. L. Brady // Geophysics. – 2008. – Vol. 73(6). – P. 163–171.
6. Altamimi Z. ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions / Z. Altamimi, P. Rebischung, L. Métivier, Collilieux X. // J. Geophys. Res. Solid Earth. – 2016. – Vol. 121. – P. 6109–6131 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ww.igs.org/network>

7. Herring T. A. GAMIT: GPS Analysis at MIT. Release 10.4 / T. A. Herring, R. W. King, S. C. McClusky– [Электронный ресурс]. EAPS: MIT. – 2010a. – 171 p. Режим доступа: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/GAMIT_Ref.pdf.
8. Herring T. A. GLOBK: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program. Version 10.4 / T. A. Herring, R. W. King, S. C. McClusky – [Электронный ресурс]. EAPS: MIT. – 2010b. – 95 p. – Режим доступа: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/GLOBK_Ref.pdf.
9. IGS Network/International GNSS Service [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ww.igs.org/network>
10. SOPAC – Service Orbit and Permanent Array Center [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sopac-csrc.ucsd.edu/index.php/sopac>
11. Shestakov N. Present tectonics of the southeast of Russia as seen from GPS observations. / N. Shestakov, M. Gerasimenko, H. Takahashi, M. Kasahara, V. Bormotov, V. Bykov, A. Kolomiets, G. Gerasimov, N. Vasilenko, A. Prytkov, V. Timofeev, D. Ardyukov, T. Kato // Geophysical Journal International. – 2011. – Vol. 184 (2). – P. 529–540.
12. Likhnev A. V. GPS rotation and strain rates in the Baikal-Mongolia region. / A. V. Likhnev, V. A. San'kov, A. I. Miroshnichenko, S. V. Ashurkov, E. Calais // Russian Geology and Geophysics. – 2010. – Vol. 51 (7). – P. 1006–1017.
13. [www//Gazprom/projects/zapolyarnoye](http://www.gazprom/projects/zapolyarnoye)
14. Szostak-Chrzanowski A. Modeling of ground subsidence in oil fields / A. Szostak-Chrzanowski, A. Chrzanowski, A. Ortiz // Canadian Centre for Geodetic Engineering. – 2006. – Vol. 9. – P. 133–146.