

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Полоцкий государственный университет)

УДК 004.942:528.2/3

№ госрегистрации 20200727

Инв. № _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе Полоцкого
государственного университета,
к.т.н., доцент

_____ Ю.П. Голубев
« ____ » _____ 2020

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
**«Моделирование развития деформационных процессов природных и инженерных
объектов по геопространственным данным с представлением в среде ГИС»**
(заключительный)
научное задание к договору между Министерством образования Республики Беларусь и
Полоцким государственным университетом № 13-ПГУ от 27.02.2020
на 2020 год

Начальник ОСНИ

_____ Т.В.Гончарова
« ____ » _____ 2020

Заведующий кафедрой геодезии и ГИС,
научный руководитель НИР,
к.т.н., доцент

_____ Г.А.Шароглазова
« ____ » _____ 2020

Новополоцк 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель задания, к.т.н., доцент	_____ «__»_____ 2020	Г.А.Шароглазова (научное руководство)
Младший научный сотрудник	_____ «__»_____ 2020	Долгий П.С. (главы отчёта, оформление)
Нормоконтролер	_____ «__»_____ 2020	Л.В.Ищенко

РЕФЕРАТ

Отчет 63 с., 26 рис., 9 табл., 35 источников.

ГЕОДИНАМИКА, ПОВТОРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ, ГИС-ПРОЕКТ, ССТП, ЛИНЕАМЕТНЫЙ АНАЛИЗ, ГЕНЕРАТОР ГЕОМЕТРИИ QGIS

Объектом исследования являются геодинамические явления на территории Беларуси

Цель работы - анализ взаимообусловленности влияний тектонических и техногенных факторов на состояние земной коры и окружающую среду с моделированием по данным различных наук, привлечением ГИС технологий и разработкой тематического программного обеспечения.

Работа посвящена составлению ГИС-проекта по тематике геодинамики Беларуси. Выполнен обзор программного обеспечения для обработки геопространственных данных: ГНСС-наблюдений, данных дистанционного зондирования, векторных данных. На основе имеющихся данных о тектонических разломах территории Беларуси, инженерных объектах выполнен подбор необходимой для их исследования измерительной информации Спутниковой сети точного позиционирования Республики Беларусь и данных дистанционного зондирования с российского спутника Ресурс-П. На основе приобретенных в РУП «Белгеодезия» данных повторных ГНСС-наблюдений построены карты деформаций земной коры для шести полигонов в различных регионах Беларуси. Полученные результаты согласуются с тектоническим режимом исследуемых полигонов.

По приобретенным в УП «Геоинформационные системы» данным дистанционного зондирования выполнен структурный линеаментный анализ окрестностей поселка Бычиха Городокского района Витебской области. Выявленные нами линеаменты достаточно точно совпали с выявленными ранее.

Дополнительно исследована возможность учета гравитационного влияния природных и техногенных конусовидных форм рельефа на результаты повторных геодезических измерений. В качестве примера использованы данные о Большом трещинном Толбачинском извержении на полуострове Камчатка. Выявлено, что перераспределение масс породы вблизи нивелирных ходов может влиять на определяемое превышение на величину первых миллиметров. Разработаны программные модули на языке python для представления результатов обработки повторных ГНСС-наблюдений в ГИС, а также для оценки гравитационного влияния конусовидных форм рельефа на результаты повторных геодезических измерений с применением различных моделей разбиения конуса.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ОБЗОР И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ИМЕЮЩИХСЯ ДАННЫХ ВЗАИМОУСЛОВЕННОГО ВЛИЯНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ, ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА РАЗРАБОТКУ ТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.	7
1.1. История геодинамических исследований территории Беларуси. Имеющиеся данные, результаты, выводы.....	7
1.2. Данные, необходимые для исследования.....	10
1.3. Техническое задание на разработку программного обеспечения.....	11
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ГИС-ПРОГРАММ, МОДЕЛИРОВАНИЮ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ И Т.Д. СПЕЦИФИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНДОГЕННЫХ, ЭКЗОГЕННЫХ И СОВОКУПНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. РАЗРАБОТКА ТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. ПОКУПКА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ.....	13
2.1. Обзор программного обеспечения для обработки геопространственных данных.....	13
2.2. Программное обеспечение для обработки ГНСС-наблюдений	14
2.2.1. Trimble Business Center (TBC).....	14
2.2.2. Leica Infinity	16
2.2.3. Кредо ГНСС.....	17
2.3. Программные средства линеаментного анализа.....	17
2.4. ГИС-пакеты	18
2.4.1. ESRI ArcGIS.....	18
2.4.2. QGIS.....	19
2.5. Разработка программного модуля.....	19
2.6. Покупка геопространственных данных	20
2.6.1. Покупка данных ГНСС-наблюдений Спутниковой сети точного позиционирования Республики Беларусь	20
2.6.2. Покупка данных дистанционного зондирования	23
ГЛАВА 3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В СРЕДЕ ГИС РАЗВИТИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ. РАЗРАБОТКА ТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ).	24
3.1. Структура ГИС-проекта	24

3.2. Программный модуль для представления результатов анализа повторных ГНСС-наблюдений	26
3.3. Представление результатов анализа повторных ГНСС-наблюдений.....	27
3.3.1. Гомельский полигон	29
3.3.2. Житковичский полигон	31
3.3.3. Брестский полигон	33
3.3.4. Островецкий полигон	35
3.3.5. Полоцкий полигон.....	36
3.4. Анализ данных дистанционного зондирования.....	38
ГЛАВА 4. СОСТАВЛЕНИЕ ГИС-ПРОЕКТА (ОКОНЧАНИЕ). РАЗРАБОТКА ТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ОКОНЧАНИЕ). КОМАНДИРОВКА ПО БЕЛАРУСИ.....	42
4.1 Завершение ГИС-проекта.....	42
4.2. Командировка по Беларуси.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	57

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Махнач А.С., Гарецкий Р.Г., Матвеев А.В. Геология Беларуси. Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
2. Гарецкий Р.Г., Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1 : 500 000: создание и результаты / Р.Г.Гарецкий, Г.И. Каратаев, Р.Е.Айзберг, А.К.Карабанов, А.А.Святогоров // Літасфера. – 2013. – № 1. – С. 3–30.
3. Губин В.Н., Ковалёв А.А. Космическая геология Беларуси. Мн: Лазурак, 2008. – 120 с.
4. Шароглазова Г.А. [и др.] Инструментальные исследования современной геодинамики в Полоцком регионе // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. - 2015. - № 16. - С. 153-155.
5. Шароглазова Г.А., Маркович К.И., Результаты исследований деформаций земной коры в районе каскада гидроэлектростанций на р. Западной Двине // Геодезия и картография. – 2018. – № 10. – С. 7-15.
6. Маркович К.И. Оценка изменения ускорения силы тяжести, вызванная колебаниями уровенных поверхностей вследствие заполнения водохранилища Полоцкой ГЭС // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. - 2016. - № 8. - С.156 – 159
7. Шароглазова Г.А. [и др.] Организация геодинамического полигона «Полоцкая ГЭС» // Геодезия, картография, кадастр, ГИС – проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф., Новополоцк, 9–10 июня 2016 г. : в 2 ч. / М-во образования РБ, Полоцкий гос. ун-т ; редкол.: Г. А. Шароглазова [и др.]. – Новополоцк : ПГУ, 2016. – Ч. 1. – С. 90
8. Есиков Н.П. Определение деформаций земной поверхности по непосредственно измеренным элементам геодезических сетей. – В кн.: Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. – М.: Наука, 1979. – 152 с.
9. LESSA – автоматизированный линеаментный анализ [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.lineament.ru/index.htm> - дата доступа: 15.11.2020
10. Current IGS Site Guidelines, August 05, 2016 [Electronic resource] / International GNSS Service. – 2016. Mode of access: <http://kb.igs.org/hc/en-us/articles/202011433-Current-IGS-Site-Guidelines>.
11. Monumentation Recommendations, August 31, 2015 [Electronic resource] / International GNSS Service. – 2015. Mode of access: <http://kb.igs.org/hc/en-us/articles/202094816>.
12. Guidelines for EPN Stations&Operatiojnal Centres, last updates 26-10-2015 [Electronic resource] / C.Bruyninx // Munich, EPN Central Bureau.– 2015. Mo de of access: http://www.epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_stations_operationalcentre.pdf

13. Рудницкая Н.А. Спутниковая система точного позиционирования как часть государственной геодезической инфраструктуры Республики Беларусь // Земля Беларуси – 2016. - № 3 – С. 40 – 46.
14. ССТП РБ [Электронный ресурс]: Белгеодезия. – Режим доступа: <https://geo.by/sstp/> - дата доступа: 01.05.2020.
15. Общий формат ГНСС-данных RINEX [электронный ресурс] : Ориент Системс. – Режим доступа: <https://orsyst.ru/blog15> - дата доступа: 15.11.2020.
16. EUREF Permanent GNSS Network [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://epncb.oma.be/networkdata/stationlist.php> - дата доступа: 20.10.2020 г.
17. Ресурс-П №1, №2, №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/satellites/> - дата доступа: 15.11.2020
18. Геолого-тектонические условия возникновения аварийности на магистральных нефтепроводах Белоруссии / Г.А. Шароглазова [и др.] // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – СПб., 2008. – № 1. – С. 58–60.
19. Михалев, В.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья / В.В. Михалев, И.С. Копылов, Е.А. Аристов, А.В. Коноплев // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – М.: ВНИИСТ. – 2005.- № 1.– С.75-77.
20. Ульмасвай, Ф.С. Геологические условия возникновения зон потенциальной аварийности магистральных газопроводов на севере Западной Сибири / Ф.С. Ульмасвай // Газовая промышленность - 1997- №7.
21. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территорию СССР [Карты]: карта / сост. и подгот. к печати Главным управлением по геодезии и картографии СССР в 1989 г. – 1:5000000, 50 км в 1 см. - М. : гл. управление по геодезии и картографии СССР, 1989. – 4 л.
22. Жесткий цигун с условными знаками или зачем нужен geometry generator [Электронный ресурс] : Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/504986/> - дата доступа: 15.11.2020.
23. Шароглазова, Г.А. Применение геодезических методов в геодинимике : учеб. пособие / Галина Александровна Шароглазова. - Новополоцк : ПГУ, 2002. - 192 с. : ил.
24. Юркина М.И. Об интерпретации результатов повторного геометрического нивелирования, - Геодезия и картография, 1976, № 10, с.15-19.
25. Whitcomb J.H. New vertical geodesy. Contribution N 2655/ Division of Geological and Planetary Sciences. Seismological Laboratory. California 91125, 27 p.
26. Мазуров Б. Т., Некрасова О. И. Аппроксимация гравитационного влияния

- локального рельефа по его цифровым моделям // Геодезия и картография. – 2014. – № 7. – С. 2–4.
27. Остач О.М., Дмитроиченков В.Н. Методическое руководство по геодезическим работам на геодинамических полигонах. – М.: ЦНИИГАиК, 1984.
28. Мазуров Б. Т., Некрасова О. И. Конечно-элементная модель конусообразных форм рельефа для учета их гравитирующего влияния на результаты геодезических измерений // Геодезия и картография. – 2013. - № 6. – с. 42 – 45.
29. Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка 1975 – 1976. – Кн. под редакцией С.А.Федотова, М., Наука, 1984, 637 с.
30. Шароглазова Г.А., Готовко А.К. Выявление вариаций гравитационного поля на результаты геодезических измерений в районе активного вулканизма // Геодезия, картография, кадастры и экология. Труды международной научно-практической конференции г. Новополоцк 25 - 27 октября 2000 г. под общей редакцией д.т.н., профессора В.П. Подшивалова. - Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2001. - С. 251-256.
31. Шароглазова Г.А., Долгий П.С. Многодисциплинарный подход к моделированию геодинамических процессов / Шароглазова Г.А. и др. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. - 2018. - № 8. - С. 179-183
32. Белорусский космический аппарат (БКА) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis.by/ru/tech/bka> - Дата доступа: 01.12.2020.
33. Метоеуе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meteoeye.gis.by/> - Дата доступа: 01.12.2020
34. Dolhi P. GIS-modelling of the crystalline basement of the territory of Belarus in different geological ages / Материалы Международной конференции молодых исследователей «European & national dimension in research», серия Technology, Новополоцк, 13-14 мая 2020, с. 107 – 110.
35. Scihub [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> - дата доступа: 20.11.2020