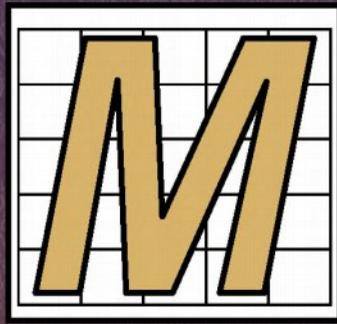


НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC-TECHNICAL AND PRODUCTION MAGAZINE



АРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК

MINE SURVEYING BULLETIN

№ 1 2017

Январь — Февраль
January — February



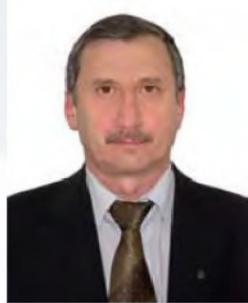
ЧУ «ЦДПО «Горное образование»

г. Москва

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ 2017 г.



**Иофис
Михаил Абрамович**
председатель Редсовета,
д.т.н, профессор, г.н.с.
ИПКОН РАН
тел.(495) 360-89-60
iofis@mail.ru



**Грицков
Виктор Владимирович**
главный редактор,
исполнительный директор
ООО «Союз маркшейдеров России»
тел.(495) 641-00-45
smr@work.su



**Капитонов
Сергей Иванович**
шеф-редактор
тел. 8-916-919-82-71
kapitonsergey@mail.ru



**Никифорова
Ирина Львовна**
зам. главного редактора
тел. 8-926-247-32-51
nikiforova495@mail.ru

Члены Редсовета НТИП журнала «Маркшейдерский вестник»



**Алексеев Андрей
Борисович**
Начальник отдела
маркшейдерского контроля
и безопасного
недропользования
Ростехнадзора
тел.(495) 646-33-07
A.Alekseev@gosnadzor.ru



**Загibalов Александр
Валентинович**
к.г.-м.н., профессор
кафедры МДиГ,
Иркутский НИТУ
тел.(3952) 40-38-09,
52-38-09
azagibalov@yandex.ru



**Макаров Александр
Борисович**
д.т.н., профессор,
член-корр. РАЕН
тел.8-916- 612-44-93
abm51@mail.ru



**Гальянов Алексей
Владимирович**
д.т.н., профессор, УГГУ
тел.(343)257-32-64
sgimd@mail.ru



**Зимич Владимир
Степанович**
Президент ООО «Союз
маркшейдеров России»
тел.(495)645-94-79
smr@work.su



**Навитный Аркадий
Михайлович**
зам.начальника управления
маркшейдерского
обеспечения ГУРШ
Минэнерго РФ, вице-
президент СМР
тел.(495) 695-89-36
blp1958@mail.ru



**Глейзер Валерий
Иосифович**
к.т.н., зам.ген.директора
ЗАО «Геодезические
приборы»
тел.(812)363-43-23
gvi@geopribori.ru



**Зыков Виктор
Семенович**
д.т.н., профессор,
Кемеровский филиал
АО «ВНИМИ»
тел. (3842) 58-33-83
(внутр.3-28)
vnimizvs@mail.ru



**Охотин Анатолий
Леонтьевич**
Президент ISM, профессор,
зав.кафедрой МДиГ,
Иркутский НИТУ
тел. 8-914-926-98-95
bgtc@irk.ru



**Гордеев Виктор
Александрович**
д.т.н., профессор,
зав.кафедрой, УГГУ
тел.(343)257-74-45,
257-44-81
Gordeev.V@uzsmu.ru



**Кашников Юрий
Александрович**
д.т.н., профессор,
зав.кафедрой
Пермского ГТУ
тел.(342) 2-198-088
geotech@pstu.ru



**Черепнов Андрей
Николаевич**
главный инженер
ПАО «АЛРОСА»
тел. (41136) 9-02-15,
9-00-24
CherepnovAN@alrosa.ru



**Гусев Владимир
Николаевич**
д.т.н., профессор,
зав.кафедрой
НМСУ «Горный»
тел.(812) 3-288-259
kmd@spmi.ru



**Кузьмин Юрий
Олегович**
д.ф.-м.н., профессор,
исп.директор ИФЗ
им.О.Ю.Шмидта РАН
тел.(495) 254-9135
kuzpnex@gmail.com



Юнаков Юрий Леонидович
к.т.н., профессор,
зав.кафедрой,
Институт горного дела СФУ
тел. (391) 241-66-56
yunakov11@rambler.ru

Журнал издается 25-й год (с 1992 г.)
и продолжает традиции периодических
научно-технических изданий
по маркшейдерскому делу, выходявших
в России и СССР в 1910–1936 гг.

Председатель Редсовета
д.т.н., проф., Академик АГН
Иофис Михаил Абрамович

Члены Редсовета:

Алексеев А. Б.	Кашников Ю.А.
Гальянов А.В.	Кузьмин Ю.О.
Глейзер В.И.	Макаров А.Б.
Гордеев В.А.	Навитный А.М.
Гусев В.Н.	Охотин А.Л.
Загибалов А.В.	Черепнов А.Н.
Зимич В.С.	Юнаков Ю.Л.
Зыков В.С.	

Редакция:

Главный редактор
ГРИЦКОВ Виктор Владимирович
тел.: +7 (495) 632-22-55

Шеф-редактор
КАПИТОНОВ Сергей Иванович
тел.: +7 (916) 919-82-71

Зам. главного редактора
НИКИФОРОВА Ирина Львовна
тел.: +7 (926) 247-32-51

Технический редактор
ТАКТАШОВ Тимур Исмаилович

Издатель – ЧУ ЦДПО «Горное образование»

Почтовый адрес: 107078, г. Москва, а/я №164

Место нахождения: 105064, г. Москва,
Гороховский пер., д. 5, оф. 16

Тел.: +7 (499) 261-51-51

E-mail: mark_vestnik@mail.ru; www.mwork.su

Выходит 6 номеров в год.
Регистрационное свидетельство
Министерства печати и информации РФ
№ 0110858 от 29 июня 1993 г.

Отпечатано в типографии «П-Центр»
Формат А4, тираж 990 экз.,
усл. печ. л. 8,0

Подписано в печать 20.02.2017

Индексы в каталогах:
Агентства Роспечати 71675,
Пресса России 90949,
Урал-Пресс 71675

В течение года можно оформить
подписку на журнал через редакцию

За точность приведенных сведений
и содержание данных, не подлежащих откры-
той публикации, несут ответственность авторы.
Мнения авторов могут не совпадать с мнением
редакции.

Рукописи не возвращаются!

Научно-технический и производственный журнал

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК



№ 1 (116), январь-февраль, 2017 г.

Учредители:

ООО «СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ»

ЧУ ЦДПО «Горное образование»

ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»

Журнал входит в перечень

ведущих научных изданий ВАК

Минобразования и науки РФ

*«В одном просвещении найдем
мы спасительное противоядие
для всех бедствий человечества!»*

Николай Михайлович Карамзин

В этом номере:

- В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
- ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ
- ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС
- ГОРНАЯ ГЕОМЕХАНИКА
- РАЗВИТИЕ ГОРНОГО ДЕЛА
И ОБРАЗОВАНИЯ
- ТВОРЧЕСТВО АВТОРОВ
И ЧИТАТЕЛЕЙ
- ЮБИЛЕИ
- ИНФОРМАЦИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ

IN THE MINING SURVEYORS UNION OF RUSSIA 5

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

PROBLEMS OF SUBSURFACE RESOURCES MANAGEMENT

А.С. Астахов, В.Ж. Аренс, А.М. Вербо. О рисках в добывающих отраслях промышленности..... 9
A.S. Astakhov, V.Zh. Ahrens, A.M. Verbo. About risks in mining industry

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

GEODESY, MINE SURVEYING, GIS

О.Н. Вылегжанин, С.А. Рыбалка. Расчет координат неизвестной точки по результатам измерений дистанций..... 15
O.N. Vylegzhanin, S.A. Rybalka. The evaluation of the coordinates of unknown point from the results of distance measurements

М.Н. Ситаев, С.В. Рубашенко. Обеспечение единства измерений – государственная задача..... 18
M.N. Sitaev, S.V. Rubashenko. Enforce the uniformity of measurements – public task

Т.М. Владимирова. Актуальные проблемы метрологического обеспечения геодезии и маркшейдерии..... 21
T.M. Vladimirova. Topical problems of metrological support geodesy and mine surveying

В.В. Вальдман, С.О. Гриднев, А.Л. Охотин. Маркшейдерская съёмка, основанная на фотографировании следа лазерной плоскости..... 24
V.V. Valdman, S.O. Gridnev, A.L. Ohotin. Mine surveying based on photograph trace laser plane

Н.В. Волков. Оценка влияния геотемпературного поля на результаты повторного нивелирования 29
N.V. Volkov. Assessment of the impact geothermal mode on the results of repeated leveling

ГОРНАЯ ГЕОМЕХАНИКА

MINING GEOMECHANICS

С.Б. Кулибаба, Б.В. Хохлов, М.Д. Рожко. Параметры области пониженных напряжений в надрабатываемом горном массиве 33
S.B. Kulibaba, B.V. Khokhlov, M.D. Rozhko. Parameters of the unloading zones under the working seam

А.В. Филатов, А.И. Калашник, Д.А. Максимов. Оценка горизонтальных смещений бортов карьера «Железный» Ковдорского ГОКа с использованием данных спутниковой радиолокационной съемки..... 36
A.V. Filatov, A.I. Kalashnik, D.A. Maksimov. Horizontal displacements estimation of “Zheleznyi” open-pit walls of Kovdorskiy GOK using satellite radar acquisitions

В.И. Ляшенко. Повышение эффективности геомеханического обеспечения подземных горных работ..... 42
V.I. Lyashenko. Improving the efficiency of geomechanical security of underground mining

А.В. Гришин, С.В. Шевчук. К вопросу организации геомеханического мониторинга при освоении месторождений полезных ископаемых открытым способом на больших глубинах..... 51
A.V. Grishin, S.V. Shevchuk. To the organization of geomechanical monitoring in the development of mineral deposits by open method at great depths

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

РАЗВИТИЕ ГОРНОГО ДЕЛА И ОБРАЗОВАНИЯ THE DEVELOPMENT OF MINING AND EDUCATION

- И.И. Ерилова.** Основные тренды развития инновационного образовательного проекта смешанного обучения студентов горных специальностей дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия»..... 56
I.I. Erilova Major trends of innovative educational project of blended learning for students of mining specialties of the disciplines "Geodesy" and "Mine surveying"

ТВОРЧЕСТВО АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ CREATIVITY OF AUTHORS AND READERS 61

ЮБИЛЕИ ANNIVERSARIES 62

ИНФОРМАЦИЯ INFORMATION 63

НА ФОТОГРАФИИ ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ: ЭКСПОНАТЫ МУЗЕЯ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА



В Музее маркшейдерского дела при Союзе маркшейдеров России собрана большая коллекция редких, представляющих значительную историческую ценность экспонатов маркшейдерских и геодезических инструментов, применяемых в горнодобывающей промышленности от периода Российской империи и до наших дней.

В нашем журнале (№4, 2016г.) была опубликована статья Л. С. Назарова и Т. В. Илюшиной: «Из истории рудничной геодезии в России (XIX – начала XX века)», в которой был представлен исторический обзор развития рудничной съемки и применяемых при этом инструментов.

В последующих номерах нашего журнала планируется продолжить освещение разных направлений истории развития маркшейдерского дела. Мы также познакомим Вас с другими музеями маркшейдерских и геодезических – геодезических приборов, такими, как музей ЗАО «Геостройизыскания» (ГСИ) и Политехнический музей (ПМ).

ВМЕСТЕ С ЖУРНАЛОМ В 2017 ГОД



Уважаемые читатели!

Наступил 2017 год. Редакция журнала желает читателям, всем работникам горной промышленности здоровья, благополучия и больших успехов в труде!

В октябре 2017 года нашему журналу исполнится 25 лет. Вот уже почти четверть века мы оказываем информационную поддержку деятельности маркшейдерских служб и специализированных организаций по всему комплексу маркшейдерских работ с целью их развития и повышения эффективности. Высокий научный и профессиональный уровень журнала подтверждается его включением в перечень ВАК, что содействует развитию маркшейдерской науки.

В 2017 году журнал перешел в ведение Союза маркшейдеров России, что открывает новые перспективы для его развития, повышает ответственность всего маркшейдерского сообщества за судьбу своего основного профессионального издания.

Редакция приложит все усилия для повышения качества издаваемых номеров и превращения журнала в достойную визитную карточку российской маркшейдерии.

Призываем всех к активному сотрудничеству для совместного решения стоящих перед нами задач!

Главный редактор
Шеф редактор

В. В. Грицков
С. И. Капитонов



О ЗАСЕДАНИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СОВЕТА СОЮЗА МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ ПО ИТОГАМ РАБОТЫ В 2016 ГОДУ

20 декабря 2016 г. состоялось итоговое заседание Центрального совета Союза маркшейдеров России. В ходе заседания были рассмотрены следующие вопросы:

1. Обсуждение и утверждение отчета о деятельности Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» за 2016 год.
2. Обсуждение и утверждение плана деятельности Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» на 2017 год.
3. Об утверждении отчета «Об использовании имущества Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» в 2016 году.
4. Об утверждении сметы расходов Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» на 2017 год.
5. Об утверждении отчета об исполнении Сметы расходов Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» за 2016 год.
6. Об утверждении отчета о поступлении финансовых средств Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» на 2017 год.
7. О рассмотрении заявлений о принятии в члены Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России». Материалы итогового заседания прилагаются.

ОТЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОГО СОВЕТА СОЮЗА МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В 2016 ГОДУ

План работы Центрального Совета Союза маркшейдеров России (СМР) на 2016 год выполнен.

За отчетный период Центральным Советом СМР было проведено 4 заседания и рассмотрено на них 16 вопросов.

На заседаниях рассматривались самые различные вопросы, связанные с деятельностью СМР. В частности:

- о ходе подготовки к всероссийским научно-практическим конференциям в области маркшейдерии и недропользования;
- о принятии новых членов в состав СМР;

- о рассмотрении проекта Плана работы ООО «Союз маркшейдеров России» на 2017 год и проекта Отчета о работе ООО «Союз маркшейдеров России» за 2016 год, иной документации;
- об изменении состава членов Научно-технического совета СМР;
- об организационно-методическом сопровождении курсов повышения квалификации по направлению «Маркшейдерское дело»;
- о награждении ведомственными наградами, почетными грамотами и благодарностями за большой вклад в маркшейдерское дело, обеспечение безопасного, рационального недропользования и охраны недр от Минприроды России, Минэнерго России, Ростехнадзора, СМР и НП «СРГП «Горное дело».

За отчетный период в соответствии с планом работы СМР при участии иных организаций были проведены 4 всероссийские научно-практические конференции. В работе каждой из них принимало участие в среднем порядка 90-100 человек, включая руководителей и ведущих специалистов маркшейдерских и геологических служб горно- и нефтегазодобывающих организаций, а также специалистов федеральных органов исполнительной власти – Минприроды России, Ростехнадзора, Рос-





природнадзора, представителей научных, общественных, экспертных организаций, ведущих специализированных маркшейдерско-геодезических компаний. С докладами на конференциях выступали члены Центрального и Научно-технического советов, СМР, включая Зимича В.С., Васильчука М.П., Грицкова В.В., Алексеева А.Б., Никифорова С.Э., Охотина А.Л., Лаптеву М.И., Мурина К.М.

Участники конференций отмечали актуальность рассмотренной тематики и деятельность СМР по консолидации маркшейдерской общественности для решения актуальных проблем повышения качества маркшейдерских работ и статуса маркшейдерских служб.

По результатам работы конференций принимались решения, которые доводились до горной общественности и федеральных органов исполнительной власти. Обзоры конференций и их решения регулярно публиковались в журнале «Маркшейдерский вестник», размещались на информационном портале «Горное дело» (www.mwork.su).

В рамках конференций проводились круглые столы на актуальные темы производства горных и маркшейдерских работ, совершенствования нормативно-методических документов в сфере недропользования.

В целях поддержки курса Президента РФ и Правительства РФ по закреплению российского присутствия одна из конференций третий год подряд проводилась в Крыму.

В течение отчетного периода СМР осуществлялась работа по:

- упорядочению работы региональных отделений и по принятию новых членов, в 2016 году было принято около 100 новых членов;
 - методическому руководству вопросов повышения квалификации работников маркшейдерских служб и по организации системы переподготовки по маркшейдерской специальности;
 - организационному сопровождению Системы добровольной сертификации производства маркшейдерских работ. За 2016 год было оформлено 4 сертификата соответствия;
 - награждению специалистов маркшейдерских служб ведомственными наградами Минэнерго России, Роснедр, Ростехнадзора, общественными наградами Союза, было награждено: благодарностью СМР – 34 человека, почетной грамотой СМР – 13 человек, серебряным знаком СМР – 7 человек, золотым знаком – 2 человека, знаком «20 лет СМР» – 25 человек, знаком «Почетный член СМР» – 1 человек, знаком «Трудовая слава» Минэнерго – 1 человек, ведомственными наградами Ростехнадзора – 5 человек, ведомственными наградами Роснедр – 9 человек.
- За заслуги в развитии маркшейдерского дела, большую общественную деятельность руководители Союза Зимич В.С. и Васильчук М.П. были награждены почетными грамотами Правительства Российской Федерации, вручение которых состоялось в Георгиевском зале Кремля с участием Председателя Правительства Медведева Д.А.



В целях методической помощи региональным отделениям СМР члены Центрального Совета проводили выездные совещания с участием представителей маркшейдерских служб горно- и нефтегазодобывающих организаций, участвовали в совещаниях, организованных вертикально-интегрированными компаниями с участием главных маркшейдеров их дочерних обществ (Грицков В.В., Алексеев А.Б.).

В рамках хозяйственно-договорной тематики выполнялись экспертные и аудиторские работы:

- подготовка заключения экспертизы по вопросам пользования недрами ООО «Читауголь» на Татауровском буровом месторождении;
- проведение маркшейдерского аудита деятельности АО «Полюс» и методическое сопровождение производства маркшейдерских работ специализированными сервисными организациями.

По заданию Ростехнадзора члены Центрального и Научно-технического советов СМР принимали участие в апробации проектов нормативных правовых актов министерств и ведомств, участвовали в деятельности подкомиссии «Маркшейдерия» Научно-технического совета Ростехнадзора.

Члены Союза активно участвовали в обсуждении актуальных проблем маркшейдерского и горного дела на страницах специализированных органов печати и в иных средствах массовой информации.

Центральный Совет и члены СМР (Зимич В.С., Васильчук М.П., Грицков В.В.) участвовали с докладами в работе форумов, съездов, конференций, семинаров и курсов повышения квалификации, проводимых другими общественными и государственными организациями, в частности было принято участие в VIII Съезде геологов России, подготовлены предложения в его проект решения.

За отчетный период было подготовлено и направлено в горно- и нефтегазодобывающие организации, министерства и ведомства более 150 писем.

Специалисты маркшейдерских служб горно- и нефтегазодобывающих организаций, территориальных органов Ростехнадзора и Росприроднадзора регулярно информировались о деятельности Союза как посредством почтовой рассылки, так и с использованием средств электронной почты.

Союз обеспечил внедрение и популяризацию электронного ресурса «Маркшейдерский клуб», в разделе «Форум» в течение года активно велось обсуждение проектов нормативных документов, таких как приказы Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору «Об утверждении Положения о порядке подготовки, рассмотрения и согласования планов и схем развития горных работ по видам полезных ископаемых» и «Об утверждении Положения о порядке подготовки и оформления



документов, удостоверяющих уточненные границы горного отвода, и требований к ведению реестра документации», Концепция совершенствования нормативных требований по ведению наблюдений за состоянием горных отводов. В «Маркшейдерском клубе» представлены такие разделы, как «СРО», «Фотогалерея», «Актив», размещены ссылки на ресурсы «Здоровый отдых» и «Электронная библиотека «Горное дело». В 2017 году членам Союза организован бесплатный доступ в электронную библиотеку «Горное дело» с входом через «Маркшейдерский клуб».

Союз обеспечил методическое сопровождение книжных серий «Библиотека горного инженера» и тематики по истории науки и техники журнала «Русская история». В 2016 году в рамках серии было издано 9 книг, включая: «Справочник маркшейдера» в 3-х частях, «Маркшейдерское дело. Введение в специальность» (Альбом). О выходе справочника маркшейдера общественность была информирована посредством журнала «Маркшейдерский вестник», интернет-сайтов, бумажных и электронных рассылок.

В честь 20-летия СМР в качестве презентационного подарочного издания был опубликован каталог «Музей маркшейдерского дела».

В целях освещения деятельности Союза, горных предприятий, сервисных и общественных организаций было организовано размещение новостей на интернет-портале «Горное дело» и отправка материалов в журнал «Маркшейдерский вестник». В сертифицированные и ряд иных организаций направляются квартальные отчеты «Новости в маркшейдерии».

При СМР на базе ЧУ «ЦДПО «Горное образование» действует «Музей маркшейдерского дела», продолжается сбор экспонатов и их каталогизация.

**Президент
ООО «Союз маркшейдеров России»**

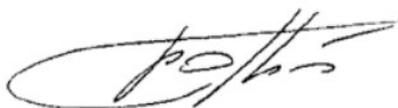
В.С. Зимич

Утверждено Центральным Советом Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России», протокол заседания от 20.12.2016 №3

**ПЛАН РАБОТЫ
ЦЕНТРАЛЬНОГО СОВЕТА СОЮЗА МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ НА 2017 ГОД**

№ п/п	Наименование мероприятий	Срок исполнения (месяц)	Исполнители	Итоговые документы, результаты
1.	Осуществление организационной деятельности			
1.1.	Заседания ЦС СМР по вопросам			
1.1.1.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»	февраль	Пасенченко И.Л.	Протокол заседания
1.1.2.	О подготовке к проведению Международного маркшейдерского конгресса в 2019 г. в России	февраль	Грицков В.В.	Протокол заседания
1.1.3.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»	май	Пасенченко И.Л.	Протокол заседания
1.1.4.	О ходе разработки профессионального стандарта «Маркшейдер»	май	Никифорова И.Л.	Протокол заседания
1.1.5.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Рациональное и безопасное недропользование»	сентябрь	Емельянов Ю.А.	Протокол заседания
1.1.6.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии при недропользовании»	октябрь	Грицков В.В.	Протокол заседания
1.1.7.	Обсуждение проектов, отчета за 2017 г. и плана работы на 2018 г.	декабрь	Зимич В.С.	Протокол заседания
1.2.	Рассмотрение и подготовка замечаний и предложений по проектам нормативных и законодательных актов в области маркшейдерского дела и недропользования	в течение года	Зимич В.С.	Замечания и предложения
1.3.	Организационно-методическое сопровождение курсов повышения квалификации по направлению «Маркшейдерское дело»	в течение года	Зимич В.С.	Организационно-методические документы
1.4.	Подготовка предложений по награждению благодарностями и почетными грамотами Союза маркшейдеров России специалистов маркшейдерских служб к профессиональным праздникам: «День маркшейдера», «День шахтера», «День работников нефтяной и газовой промышленности», «День геолога»	в течение года	Грицков С.В.	Организационно-распорядительные документы
2.	Проведение конференций и семинаров			
2.1.	Участие в Научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья» (г. Тюмень)	март	Пасенченко И.Л.	Информационно-организационные документы
2.2.	Участие в Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр» (г. Кисловодск)	май	Пасенченко И.Л.	Информационно-организационные документы
2.3.	Участие в Всероссийской научно-практической конференции «Рациональное и безопасное недропользование» (г. Сочи)	сентябрь	Пасенченко И.Л.	Информационно-организационные документы
2.4.	Проведение Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии при недропользовании» (г. Москва).	октябрь	Зимич В.С.	Решение
3.	Сертификация и экспертиза			
3.1.	Организационное сопровождение Системы добровольной сертификации производства маркшейдерских работ	в течение года	Грицков В.В.	Свидетельства о сертификации
3.2.	Организация экспертиз по вопросам производства маркшейдерских работ и охраны недр	в течение года	Иофис М.А.	Заключения экспертиз

Исполнительный директор
ООО «Союз маркшейдеров России»



В.В. Грицков

О РИСКАХ В ДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрены методологические вопросы, связанные с понятием, проблемами и процедурами расчетов инвестиционных рисков. Предложена классификация и проведен анализ структуры объективных и субъективных факторов риска. Специфические особенности риска инвестиций рассмотрены на примере проектирования предприятия минерально-сырьевого комплекса

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: риск; классификация рисков; инвестиции; проектирование в горном деле.

A.S. Astakhov, V.Zh. Ahrens, A.M. Verbo

ABOUT RISKS IN MINING INDUSTRY

Methodological issues of the conception, problems & estimation procedures related to investment risks are discussed. Classification of risks is motivated. Structural analysis of objective & subjective factors of risks is made. Specifics of investment risks in mineral sector of economy is illustrated by the example of mining industry.

KEY WORDS: risk; classification of risk; investment; mining industry project.

Известно, что под инвестиционным риском в горном деле понимается неполная уверенность в достижении запроектированного уровня основных показателей проекта, связанная с недостаточной надежностью оценок прогнозируемых внешних условий и расчетных характеристик самого проекта. Кроме этого, надежность зависит от точности наших знаний (представлений) о закономерностях внешних условий и, конечно, от качества проектных расчетов. Таким образом, понятие риска зависит как от объективных, так и от субъективных факторов.

Риск может быть уменьшен осуществлением специальных мероприятий и затрат. С экономической точки зрения, оправдана величина риска, при которой имеются основания считать, что ожидаемый выигрыш перекроет затраты и возможные потери. Но здесь возникает ряд вопросов методологического характера. Достаточны ли одни только экономические критерии для того, чтобы определить оптимальную величину риска? Существует ли само понятие оптимального риска? Естественно, всегда нужно стремиться к минимальному риску принимаемых решений. Имеет ли оно объективную природу или полностью зависит от качеств личности, принимающей решение (ЛПР)? Имеют ли смысл математически строгие оптимизационные расчеты проектов, если на конечном этапе решения принимаются руководителем, исходя из его субъективной склонности к рискам? Ниже излагаются соображения по вопросам методологии принятия рискованных решений.

Имея единую методологическую основу, проблемы инвестиционного риска в минерально-сырьевом секторе экономики обладают значительной спецификой. Это, прежде всего, связано со спецификой добывающих отраслей промышленности и технологий используемых методов разработки месторождений полезных ископаемых.

Начальные сведения о наличии, величине, горно-геологических характеристиках и природном качестве запасов недр неточны. Они накапливаются и уточняются лишь в ходе осуществления разведочных и горных работ, и часто только

по итогам уже допущенных ошибок. Это значительно повышает риски начального инвестирования горных проектов. К тому же, характеристики запасов существенно разнятся даже в пределах одного горного отвода, непрерывно перемещаясь по территории месторождения, поскольку добычные участки попадают все время в новые условия, что затрудняет сохранение их работы устойчивой.

Потребности рынка сырьевых ресурсов прогнозируются с большими трудностями, весьма неточно и разными организациями по-разному. Горнодобывающая промышленность является в большинстве регионов замыкающей отраслью, а такое положение является теоретически и на практике наиболее подверженным колебаниям. Значительная часть сырьевых регионов сильно удалена от зарубежных потребителей и, с учетом транспортных затрат, их продукция находится, в лучшем случае, на грани конкурентоспособного экспорта.

Факторами повышенного инвестиционного риска продолжает оставаться незавершенность действующего в России законодательства в области прав собственности на землю и ее недра.

Все эти факторы рисков подлежат отражению в расчетах эффективности инвестирования сырьевых предприятий. Центральное место в этих расчетах принадлежит обычным экономическим критериям типа чистый дисконтный доход. Ниже рассмотрим лишь несколько наиболее специфичных деталей.

Повышенную роль оценок рисков в проектах играют такие факторы, как:

- учет взаимодействий проекта с его внешней средой;
- учет вероятностей возникновения негативных экологических и других косвенных последствий осуществления рискованных проектов;
- особый учет возможных последствий типа катастроф;
- учет наиболее важных воздействий проекта на «качество жизни» населения, включая влияние на социальную инфраструктуру затрагиваемых регионов.

Из перечисленного можно сделать вывод о том, что при решении проблем промышленного риска нельзя ограничиваться показателями прямого чисто экономического ущерба или эффекта. По самой своей сути в оценках так или иначе должны быть широко представлены внеэкономические показатели последствий рисков. Как известно, многокритериальная постановка задач усложняет их решение, делает его менее строгим и исключает возможность строгой оптимизации. Но обойтись без этого мы не можем.

Оценка эффективности инвестиционных проектов сильно усложняется неточностью наших представлений о характере и перспективах изменения внешних (по отношению к проекту) общеэкономических условий. Труднее всего прогнозируются крупные технологические скачки и вызываемые ими структурные сдвиги, которые изменяют самую потребность в рассматриваемой продукции, а следовательно, и объемы ее производства, и цены, и затраты на ее выпуск, и т.д. Чтобы оценить связанный с этими просчетами риск, проекты рассчитываются для каждой из наиболее вероятных гипотез о перспективах внешних условий и внутренних факторов, влияющих на расчетные показатели проекта. Здесь возможны два случая.

Первый случай, когда вероятность возникновения различных ситуаций удается оценить численно. Оценка денежного риска определяется в виде вероятностной величины потерь экономического эффекта вследствие неточности использованных данных и неполной предсказуемостью точного значения внешних и внутренних факторов риска. В работе [4] на основе анализа работы зарубежных компаний предложена следующая классификация проектов по уровню рисков с соответствующей процентной ставкой дисконтирования в зависимости от характеристики проекта:

1) замещение оборудования на действующем предприятии; рынок определен, технология освоена и действует – 10–12%;

2) расширение действующего предприятия; большинство технических и технологических проблем уже решено; не совсем решен вопрос маркетинга – «может ли дополнительный объем продукции быть реализован по прежней цене» – 12–15%;

3) открытие нового предприятия; выход на новый рынок и т.п. – 15–25%.

Случай второй, когда оценить вероятности возникновения различных ситуаций невозможно. В этом случае проектанты не в состоянии выявить однозначно тот вариант, который можно рекомендовать к утверждению. Лучшее, что может сделать проектант – это выдать результаты своих расчетов в следующем неоднозначном виде: «если ситуация в перспективе сложится так-то, то степень риска будет такой-то; если же она сложится иной, – то такой-то». Проектанты в данном случае не берут на себя смелость назвать наименее рискованный вариант, но дают лицу, принимающему решение, хороший анализ общей картины возможных изменений показателей риска в зависимости от влияющих на него факторов.

О допустимости того или иного расчетного уровня риска судят по тому, как соотносится он с некоторой «допустимой»

величиной риска, принимаемой за «нормативный» уровень риска. Но в действительности официально утвержденных нормативов такого типа в отечественной практике существует очень мало, и эта операция осуществляется мысленно лицом, принимающим конечное решение. При этом готовность к принятию рискованных решений у разных людей разная и определяется личностными особенностями индивидуума. А они весьма разнообразны, могут отражать и унаследованные от родителей гены, и личный жизненный опыт человека. Два разных руководителя выберут два разных (по своему усмотрению) варианта одного и того же представленного им на утверждение проекта, руководствуясь каждый своими мерками допустимого риска. В конечном итоге осуществление проекта оказывается в прямой зависимости не столько от его экономической эффективности, сколько от личности лица, принимающего решение.

Отсюда следует логический вывод. Степень допустимого риска вообще не может быть обоснована однозначно: она, согласно своей природе, различна, индивидуальна у руководителей разной ментальности и темперамента. Руководитель и возглавляемый им коллектив – в случае согласия между ними в данном вопросе – имеют право на свои собственные мерки и собственную оценку величины допустимого риска. Важно признавать за ними это естественное право. В конечном счете, оно означает, что сама постановка вопросов типа «какой работник более прав, рискованный или осторожный?» некорректна по самому своему существу. Столь же условны понятия «оптимального», «максимально допустимого» риска и критериев типа «минимального риска». Использование этих нечетко осознаваемых ныне понятий требует более тонкого сочленения управленческой теории принятия решений с постулатами психологической науки.

Большую роль в оценках рисков инвестирования промышленных предприятий имеет фактор времени. Полноценный учет этого фактора при исследовании рисков не менее важен, чем учет чисто экономических соображений. Ненадежность расчетов и, следовательно, риск просчетов возрастают во времени, ибо мы плохо прогнозируем будущее. Опасность выбрать неправильный вариант проекта, опираясь на ошибочные представления о том, к чему он приведет в нестабильном будущем, наиболее типичны для современной практики проектных работ. Выход может быть найден только в случае, если в проекте рассматриваются все связанные с ним обстоятельства на протяжении достаточно длительного периода его существования. Общая связь мер, намечаемых на ближайшие и на отдаленные годы, должна подвергаться серьезному анализу с учетом прогнозируемой динамики условий. В принципе, здесь присутствуют несколько противоположных связей:

- масштаб и риск просчетов и потерь растут по мере отдаления от дня сегодняшнего;
- экономическая значимость (дисконтированная величина) этих потерь по мере отдаления во времени падает;
- объем информации, используемой при расчетах риска, нарастает по мере освоения запасов месторождения. Поэтому ранее выполненные проекты должны подвергаться перманентным уточнениям в части решений,

принятых в условиях недостаточного информационного обеспечения.

В общем составе факторов инвестиционного риска целесообразно выделить две основные группы. Первая группа относится к неточностям представлений разработчиков о прогнозном состоянии внешней среды проекта. Вторая группа факторов риска связана с возможными ошибками и неточностями в определении «внутренних» характеристик самого проекта.

В состав первой группы (неточные представления о развитии внешней среды) входят факторы непредвиденного развития политической ситуации в стране и регионе, способные оказывать сильное влияние на осуществимость либо эффективность проекта, и макроэкономические факторы.

Ко второй группе факторов принадлежат ошибки, допущенные разработчиками при расчетах технико-экономических показателей самого проекта. Сюда относятся не подтверждение природных (включая геологоразведочные) данных, заложенных в проект, возможные ошибки в определении проектных показателей и, в частности, ошибки в определении величины критериев эффективности.

Общеполитическая ситуация в стране и мире. Значительная часть самых главных условий, определяющих деятельность любого предприятия, прямо или косвенно предопределяется общеполитическими и международными решениями, принимаемыми на верхних этажах власти (решения о смене форм собственности в стране, условиях приватизации предприятий, переходе к рыночной системе, структуре средств госбюджета и т. д.). Хотя эти решения относятся к сфере макроэкономики, они радикальным образом влияют на экономику и надежность выполняемых инвестиционных проектов. Наиболее приемлемым способом их учета является ситуационно-сценарный метод. При нем проектировщиками рассматривается не один, а несколько возможных вариантов (ситуаций и сценариев) развития соответствующих ситуаций в стране, и оценки последствий каждого из них даются отдельно. Попыток расчета вероятностей возникновения каждой ситуации в этом случае не делается, а оценки надежности проекта даются для каждой ситуации в отдельности в виде «если ..., то ...».

Макроэкономические факторы. В числе этих факторов могут быть учтены развитие рыночных условий хозяйствования в целом (изменения методов ценообразования и цен), потребности общества, экспортных поставок продукта и возможностей импорта оборудования, сырья и материалов, условий кредитования, налогообложения и гарантий для иностранных инвесторов. Сюда же относятся создание новых технологий, истощение старых и появление новых ресурсных источников.

Численные оценки величин экономического ущерба, связанного с макроэкономическими факторами риска, удается выполнить далеко не для всех факторов риска. Но там, где это удастся сделать, наличие таких оценок позволяет давать численную оценку величины экономических рисков. Там же, где выразить риски в денежной оценке не представляется возможным, приходится довольствоваться использованием более простых, безразмерных «баллов от-

носительной важности». Баллы получаются методом опроса группы экспертов и представляют собою статистически усредненные экспертные оценки относительной значимости отдельных факторов применительно к процедуре оценки вероятностей.

Вероятность отдельных гипотетических ситуаций определяется группой экспертов по соответствующему вопросу применительно к той совокупности факторов риска, которая присуща конкретно рассматриваемому инвестиционному проекту или программе. Вероятности возникновения каждой из возможных гипотетических ситуаций от учтенных проектом величин оцениваются экспертами на весь период прогнозирования, присущий конкретно рассматриваемому проекту. Состав рассматриваемых возможных ситуаций может варьировать в зависимости от характера проекта, региона и конкретно решаемых проектом задач.

Природные (горно-геологические) факторы. Условия залегания полезных ископаемых и их качественные характеристики заданы природой и в момент разработки проекта известны лишь ориентировочно. Они крайне разнообразны и изменчивы даже в пределах одного шахтного поля. Природные факторы оказывают громадное влияние на мощность, себестоимость, капиталоемкость, цену добытого товара и прибыль предприятия. Поскольку же горные работы предприятия непрерывно перемещаются, экономические показатели предприятия изменяются по годам его эксплуатации и с трудом прогнозируются на будущее. С возможностью возникновения таких прогнозов связана величина «природных рисков», которая всегда должна интересовать заранее внешних инвесторов.

Первый вид таких рисков связан с самим фактом сильной зависимости эффективности добывающих предприятий от ненадежно прогнозируемых природных факторов. По причине этого «дополнительного» фактора общий риск любого проекта всегда выше, а эффективность – ниже. Например, величина рисков этого вида одинакова для всех угольных проектов и может быть установлена в виде единого проектного норматива.

Второй вид природных рисков индивидуален для каждого проекта. Его величина определяется конкретными природными условиями залегания и качества запасов проектируемого предприятия. Учесть влияния многочисленных природных факторов методами точных модельных расчетов представляется пока труднодостижимым. Более применим для этого метод выделения групп предприятий с разными уровнями природного риска.

Корректной и достаточно просто реализуемой основой для отнесения шахты или разреза к той или иной такой группе надежности могла бы стать степень разведанности рассматриваемых запасов полезного ископаемого. При определении конкретного состава этих групп рекомендуется использовать официально принятые классификации ресурсов (запасов) на категории А + В, С₁, С₂ и D. Внутри каждой группы могут быть выделены четыре подгруппы:

- горно-геологические условия залегания месторождения;
- природное качество месторождения;

- величина наличных природных ресурсов и сопутствующих полезных компонентов; региональные условия природной среды.

Факторы технического прогресса. Решение инженерно-технических задач влияет на экономику предприятия сразу в трех направлениях:

- непосредственно снижает себестоимость добываемого продукта;
- улучшает, в отдельных случаях, качество выпускаемой продукции;
- повышает производственную мощность и фактическую добычу предприятия.

В свою очередь, рост объемов добычи дает дополнительный косвенный эффект на условно-постоянной части себестоимости тонны продаваемой продукции. В конечном итоге, все рассмотренные частные эффекты сливаются в единый артериальный показатель растущей прибыли предприятия. Конкретная сила влияний разных видов этих технических средств на показатели предприятия рассчитывается обычными приемами инженерно-экономических расчетов.

Прямое отношение к факторам риска имеет не сам ввод новой техники, а ошибки, допускаемые проектировщиками при прогнозировании направлений, масштабов и сроков осуществления технического перевооружения. В свою очередь, если при определении характера, масштабов и сроков нововведения допущены просчеты, это уменьшает либо отдаляет сроки возможного получения экономического эффекта от использования новой техники.

Основные просчеты существующей практики оценок эффективности проектируемых мероприятий чаще всего связаны с ошибками, при выборе и расчетах критериев эффективности.

Первой – и наиболее часто допускаемой – ошибкой является неполный учет важных косвенных последствий предусматриваемых проектом технических и других решений. Для снижения риска возникновения таких ошибок необходимо, прежде всего, учитывать, что использование более производительной техники на одном технологическом процессе может не дать ожидаемого прироста объемов добычи предприятия в целом, если он заблокирован недостаточной производительностью смежных технологических звеньев. Решение вопроса о вводе такого оборудования должно быть комплексным; оно должно учесть, с одной стороны, дополнительные затраты на перестройку смежных узких звеньев. С другой стороны, при этом необходимо учесть и экономию условно-постоянных затрат на сохраняемых неизменными вспомогательных и обслуживающих процессах.

Подлежат обязательному отражению критерии важнейших видов экологического ущерба, причиняемого выбросами загрязняющих веществ в окружающую среду.

В случае, если осуществление проекта приводит к существенному сокращению численности работников, в проекте должны быть рассмотрены меры по трудоустройству высвобождаемых работников, затраты на создание новых рабочих мест и создаваемый ими эффект.

Наибольшее внимание следует уделять последствиям осуществляемых решений, проявляющимся в полном объеме лишь некоторое время спустя.

Второй типичный случай возникновения ошибок – это неточности в исполнении самих расчетов, допущенные расчетчиками. Такого рода неточности могут возникать, в свою очередь, по двум совершенно разным причинам:

первая причина – неквалифицированная работа проектантов-расчетчиков. В принципе, подобные огрехи могут быть исключены просто путем общего повышения профессиональной культуры планово-проектных работников. В настоящее время имеются большие резервы в этой области, подлежащие критическому анализу и мобилизации в проектах;

вторая причина – объективная. Она связана с попытками вводить в расчет какие-то слишком малоизученные косвенные последствия оцениваемого мероприятия. Само по себе стремление более полно учесть в составе критерия не только прямые, но и косвенные его последствия, не только закономерно, но и необходимо. Но оно имеет и свою отрицательную сторону. Численная денежная оценка таких последствий с большим трудом поддается точной оценке. Точность расчета косвенных последствий всегда невысока, поэтому их ввод в критерий снижает общую надежность рассчитанного критерия. Наиболее часто такие просчеты связаны с прогнозированием потребностей в полезном ископаемом, величины нагрузки на забой и на выемочный агрегат, а также с определением численности вспомогательного персонала проектируемого предприятия. Ошибки в определении проектной себестоимости и капитальных затрат связаны с просчетами трех указанных величин и, в этом смысле, являются вторичными.

Особенно важен учет рисков непредвиденных изменений, происходящих с любым промышленным объектом спустя 10–20 и более лет рассматриваемого перспективного периода. Для этого сам критерий эффективности должен рассчитываться (в подобных случаях) по показателям не только одного ближайшего года, а за достаточно длительный предстоящий период (наиболее известным из таких критериев является показатель так называемого «чистого дисконтированного дохода – ЧДД»). Однако уверенный расчет динамики экономических характеристик на длительную перспективу зачастую невозможен, а в ряде других случаев – весьма условен. В таких случаях попытки усложнения критериев до вида ЧДД не только не оправдан, но и чреват потерей точности расчетов и снижением их общей надежности. При расчетах эффективности таких мероприятий достаточно, в целях упрощения расчетов, ограничивать их определением проще рассчитываемого показателя годовой прибыли.

В составе сопряженных последствий оцениваемых хозяйственных решений, в принципе, необходимо учитывать также их косвенные (экономические, социальные, экологические, организационно-управленческие и прочие) эффекты. Возможные способы совместного учета этих критериев были описаны выше. Что же касается использования более простых критериев экономической эф-

фektivности, упрощения возможны за счет исключения из состава критерия:

- затрат и результатов, не зависящих от оцениваемого решения, то есть сохраняющих одну и ту же, неизменную величину при самых разных вариантах решения;
- пренебрежимо малых компонент затрат и результатов, опуская которые мы очень несущественно влияем на оценку эффективности рассматриваемого решения;
- затрат и результатов, которые будут возникать в очень далеком будущем;
- затрат и результатов, поддающихся лишь очень ориентировочному и ненадежному расчету;
- последствий, не поддающихся денежной оценке.

Условия конкуренции на рынке потребителей полезных ископаемых региона относятся к числу важнейших, а порой – решающих факторов внешней среды компании. Важной особенностью расчетов, связанных с определением путей развития предприятия или компании, является то, что в этих расчетах должны учитываться не столько факторы и условия сегодняшнего дня, сколько ожидаемые их изменения на протяжении рассматриваемого времени.

Большое значение при оценке надежности проектных решений должно придаваться характеристикам их социальных и экологических последствий. В их состав, безусловно, входят физические воздействия проектов на: степень безопасности труда на рабочих местах, здоровье и качество жизни человека, окружающую его природную среду и социальную инфраструктуру. Из перечисленных характеристик те, которые поддаются лишь качественной оценке, рекомендуется измерять в условных баллах методами групповой экспертизы.

Организационно-управленческие факторы. Перечень характеристик качества организационно-управленческой работы, оказывающих сильное влияние на безопасность работы предприятия, довольно обширен. В него входят:

- инициативность, широта взглядов и экономическая грамотность руководителей;
- уровень организации труда и трудовой дисциплины работников;
- действенность системы стимулирования эффективного труда работников;
- техническая грамотность персонала и полнота использования технических средств;
- продуманность финансовой политики предприятия;
- организация и качество системы учета;
- качество работы маркетинговой службы;
- целенаправленность инвестиционной стратегии предприятия;
- научная и проектная проработанность принимаемых производственных и хозяйственных решений;
- финансовая и физическая доступность отдельных высокоэффективных технических средств;
- качество выпускаемой продукции;
- развитость имеющейся сети дистрибьюторов выпускаемой продукции;
- наличие у предприятия информации о состоянии рынка товара и рынках потребляемых ресурсов;

- характер сложившихся взаимоотношений компании со смежниками, органами государственного управления и районными властями и ряд других показателей.

Большая часть этих факторов не поддается четкой однозначной экономической оценке, хотя реальная значимость многих из них очень велика. Ее рекомендуется осуществлять методами экспертной оценки в безразмерных баллах либо в смысловых категориях типа «влияние: очень сильное; сильное; средней силы; довольно слабое; слабое; влияние полностью отсутствует» и т.п.

В настоящее время основными направлениями государственного регулирования деятельности промышленно-хозяйственных объединений можно считать:

- систему установленных государством законодательно-правовых ограничений и нормативов хозяйской деятельности;
- систему и ставки налогообложения предприятий и организаций;
- нормативные требования и ограничения экологического характера;
- требования социального порядка (обеспеченность жильем и социальной инфраструктурой, помощь в трудоустройстве и т.п.).

Будущее любого предприятия зависит от перспектив его рыночной конкурентоспособности. В самом общем и несколько грубом виде показатель конкурентоспособности предприятия определяется его прибылью. Прибыль предприятия определяется, в первом приближении, выражением:

$$П = (ц - с) \cdot Д \cdot R/100,$$

где $П$ – масса прибыли, остающаяся в распоряжении предприятия; $ц$ – цена единицы реализуемой им продукции; $с$ – себестоимость единицы этой продукции; $Д$ – количество реализованной продукции; R – доля (процент) прибыли, остающейся у предприятия после выплаты всех налогов и изъятий денежных средств. Три первых показателя (цена, себестоимость и объем продукции) являются обобщающими внутрихозяйственными показателями деятельности предприятия. Что касается показателя $Д$ (доли прибыли, остающейся у предприятия после выплаты налогов и пр.), то он задается предприятию сверху и является не продуктом его собственной хозяйственной деятельности, а одним из «факторов внешней среды». Перспективы развития предприятия зависят, в первую очередь, от тех факторов, которые оказывают влияние хотя бы на один из четырех указанных обобщающих показателей, определяющих его конкурентоспособность. Все факторы, влияющие на точность прогнозируемых величин любого из этих показателей, тем самым воздействуют и на надежность оценок конечной конкурентоспособности инвестиционного проекта.

Надежность проекта и его привлекательность для инвесторов не есть величина строго фиксированная. Она может быть повышена путем проведения специальных мероприятий по снижению инвестиционных рисков. Разработка таких мероприятий является функцией как органов государственного регулирования, так и разработчиков каждого конкрет-

ного проекта. Функцией государства является обеспечение максимально благоприятного инвестиционного климата, стимулирующего приток частного капитала в отрасль путем установления эффективной системы налогообложения, квот, тарифов и льгот инвесторам.

Возможности снижения рисков разработчиками инвестиционных проектов могут быть отражены следующим обобщенным перечнем мероприятий по снижению рисков конкретных проектов:

1) создание гарантийно-страховых резервов, позволяющих частично компенсировать ущерб от аварийных простоев рассматриваемого производственного объекта. Частными случаями создания таких резервов являются: организация складов технических средств или выпускаемой продукции; создание резервных производственных мощностей и создание целевых денежных фондов. Оптимальная величина любого из этих резервов определяется максимумом разницы ($\mathcal{E}_{рез} - \mathcal{Z}_{рез}$), где $\mathcal{E}_{рез}$ – экономический эффект от снижения рассматриваемого вида рисков при проведении соответствующего мероприятия; $\mathcal{Z}_{рез}$ – затраты на создание и поддержание созданного эффекта;

2) получение дополнительной информации, позволяющее снизить вероятность возникновения ошибок при принятии решений и повысить точность планирования: четкая организация информационно-аналитических служб, обеспечивающих проектировщиков необходимой для разработки проекта научно-технической и геологической информацией, широкое использование возможностей интернета;

3) диверсификация, позволяющая в случаях сбоев выпуска одной продукции перекрывать потери дохода предприятия переключением на производство продукции какого-то иного вида;

4) страхование. Оформление страховок хотя и не снижает риска провалов, но компенсирует застрахованному предприятию возникающие ущербы. Практика страхования имеет чрезвычайно широкое распространение в западных компаниях;

5) разработка в рамках проекта правил поведения участников при возникновении нестандартных (включая аварийные) ситуаций.

На случай неблагоприятных изменений условий реализации проекта в нем должны предусматриваться также меры, обеспечивающие соблюдение интересов участников и недопущение ими поспешных действий, ставящих под угрозу реализацию проекта.

Литература

1. Арнс В.Ж. Горная наука. Понятия. Структурные схемы. // МИСиС, 2016. С.48
2. Башкин В.Н. Экологические риски. Расчёт, управление, страхование. М., Высшая школа. 2007. с.360.
3. Когуров Б.И. Экологический риск и возникновение острых ситуаций. // Изв. РАН сер. «География», 1982. № 2. с.112-122.
4. Пешкова М.Х. Экономическая оценка горных проектов, М., МГГУ, 2003. – 422 с.
5. Астахов А.С., Бушуев В.В., Голубев В.С. Устойчивое развитие и национальное богатство России.– М.: ИАЦ «Энергия», 2009. – 156 с.
6. Burnside C. Carry trades and risk. Handbook of Exchange Rates: John Wiley and Sons, 2012, pp. 283-312.

Астахов Александр Семёнович, д-р экон. наук, проф.,
гл.науч.сотр. ЦНИИУголь;

Арнс Виктор Жанович, д-р техн. наук, проф.,
тел.: +7 916 693 15 20, E-mail: mogmsraen@mail.ru;

Вербо Александр Михайлович, аспирант Горного института
(НИТУ «МИСиС»), тел.: +7 903 968 01 74,
E-mail: mogmsraen@mail.ru

Уважаемые коллеги!

Напоминаем Вам, что с 28 по 30 марта 2017 г. в Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского Российской академии наук (г. Москва, Моховая ул., д.11, стр.11) будет проходить 14-я международная выставка «Недра-2017. Изучение. Разведка. Добыча».

Мероприятие проводится с 2004 г. Министерством природных ресурсов и экологии РФ, Федеральным агентством по недропользованию, Российским геологическим обществом при поддержке профильных комитетов Совета Федерации и Государственной Думы ФС РФ; Торгово-промышленной палаты РФ; Союза нефтегазопромышленников России.

Основные разделы выставки:

- Геологоразведка на суше и морском шельфе;
- Геофизика, сейсморазведка, интерпретация;
- Региональная геология, геомониторинг, геоинформатика, метрология;
- Технологии, оборудование и приборы для разведки полезных ископаемых;
- Охрана труда, промышленная безопасность, геоэкология и др.

В рамках деловой и культурной программы выставки запланировано проведение научно-технических мероприятий по стратегии развития и использованию минерально-сырьевой базы России, конкурсы среди учащихся и выпускников специализированных учебных заведений, презентации и другие мероприятия.

Подробную информацию о выставке можно получить на сайте www.nedraexpo.ru или по тел.: +7 903-516-43-05, +7 926-580-71-82, E-mail: info@expobroker.ru

Редакция «МВ»

РАСЧЕТ КООРДИНАТ НЕИЗВЕСТНОЙ ТОЧКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ ДИСТАНЦИЙ

Проведен анализ требований к типовой задаче геодезии – определению координат неизвестной точки по результатам измерений расстояний до нее из точек с известными координатами. Предложены методы решения классических базовых задач геодезии путем формирования и решения систем линейных уравнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геодезия; маркшейдерия; метод; измерения; точность; дистанция; точка; система линейных уравнений.

O.N. Vylegzhanin, S.A. Rybalka

THE EVALUATION OF THE COORDINATES OF UNKNOWN POINT FROM THE RESULTS OF DISTANCE MEASUREMENTS

The analysis of requirements for a typical surveying task – to determine the coordinates of an unknown point on the base of results of distance measurements from points with known coordinates was carried out. The methods of classical solutions of basic surveying tasks by forming and solving systems of linear equations.

KEYWORDS: geodesy; mine surveying; geodetic; method; measurement; accuracy; distance; point; linear equations system.

Ранее [5] нами были предложены методы решения задачи определения координат неизвестной точки по результатам измерения направлений на эту точку из точек с известными координатами. Отметим, что предложенные методы являются финитными, то есть алгебраическими, и сводят указанную задачу к решению системы линейных уравнений. Таким образом, решается задача использования избыточных измерений для уточнения полученного решения.

В данной работе обсуждается решение аналогичной задачи по результатам дистанционных измерений от точек с известными координатами до неизвестной точки [2, 6, 7]. При этом также предлагаются алгебраические методы.

Постановка задачи. Пусть для точек $X_p, i = 1, 2, \dots, n$ с известными координатами $X_i = (x_p, y_p, z_p)^T, i = 1, 2, \dots, n$ произведены дистанционные измерения R_i на точку X_z с неизвестными координатами $X_z = (x_z, y_z, z_z)^T$. Требуется определить координаты неизвестной точки X_z .

Рассмотрим три возможных варианта решения задачи.

Вариант 1. Уравнение, связывающее координаты точек X_i и X_z с расстояниями между этими точками, имеет вид:

$$(X_i - X_z)^T (X_i - X_z) = R_i^2 \Rightarrow X_i^T X_i - 2X_z^T X_i + X_z^T X_z = R_i^2$$

или,

$$X_z^T X_z - 2X_z^T X_i = R_i^2 - X_i^T X_i, \quad (1)$$

где X_i – векторы координат известных точек; X_z – вектор координат неизвестной точки; R_i – расстояния между точками X_i и X_z . Если $i = 1, 2, \dots, n$, то может быть получено n уравнений вида (1). Для каждой пары таких уравнений, вычитая j -тое уравнения из i -го, получаем:

$$2X_z^T (X_j - X_i) = R_i^2 - R_j^2 + X_j^T X_j - X_i^T X_i. \quad (2)$$

Всего таких уравнений вида (2) можно получить $C_n^2 = \frac{n \cdot (n-1)}{2!}$, то есть число сочетаний из n по 2. Эти уравнения образуют систему вида

$$\mathfrak{X} X_z = \mathfrak{R}, \quad (3)$$

где матрица системы \mathfrak{X} имеет вид:

$$\mathfrak{X} = \begin{pmatrix} (X_2 - X_1)^T \\ (X_3 - X_1)^T \\ \vdots \\ (X_n - X_{n-1})^T \end{pmatrix}.$$

Вектор правой части \mathfrak{R} есть

$$\mathfrak{R} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} B_{1,2} \\ \frac{1}{2} B_{1,3} \\ \vdots \\ \frac{1}{2} B_{n-1,n} \end{pmatrix},$$

где, согласно (2), $B_{ij} = R_i^2 - R_j^2 + X_j^T X_j - X_i^T X_i$. Подлежащий определению вектор координат неизвестной точки X_z является решением этой системы. Если ранг матрицы \mathfrak{X} равен k , где $k = 2, 3$ – размерность пространства оценок ($k = 2$ для планарной задачи, $k = 3$ для объемной), то решая систему (3) каким-либо известным методом [5], получим оценку искомого вектора.

Вариант 2. Любая пара известных точек X_p, X_j и неизвестная точка X_z образуют треугольник с длинами сторон R_p, R_j и $R_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^T (X_i - X_j)}$, соответственно.

Площадь этого треугольника, вычисленная по формуле Герона [3], равна:

$$S = \sqrt{p(p - R_{ij})(p - R_i)(p - R_j)},$$

где p – половина периметра треугольника. Длина его высоты h , опущенной из точки X_z на сторону $X_i - X_j$ или на ее продолжение, равна

$$h = \frac{2S}{R_{ij}}.$$

Вычислим координаты основания этой высоты Z_{ij} . Здесь возможны четыре варианта:

1) Если $R_{ij}^2 > R_i^2 + R_j^2$, то основание высоты лежит на отрезке $X_i - X_j$, отстоит от точки X_i на расстояние $d = \sqrt{R_j^2 - h^2}$, а координаты этой точки равны

$$Z_{ij} = X_i + \frac{d}{R_{ij}}(X_j - X_i).$$

2) Если $R_{ij}^2 = R_i^2 + R_j^2$, то точка Z_{ij} совпадает с точкой X_i при $R_j > R_i$ или с точкой X_j при $R_j < R_i$.

3) Если $R_{ij}^2 < R_i^2 + R_j^2$, то точка Z_{ij} лежит на продолжении отрезка $X_i - X_j$. Причем,

а. Если $R_i > R_j$, то точка Z_{ij} удалена от точки X_i на расстояние $d = \sqrt{R_i^2 - h^2}$.

б. Если $R_i < R_j$, то Z_{ij} удалена от точки X_j на расстояние $d = \sqrt{R_j^2 - h^2}$.

Координаты точки Z_{ij} равны в первом случае

$$Z_{ij} = X_i + \frac{d}{R_{ij}}(X_j - X_i),$$

а во втором случае

$$Z_{ij} = X_j + \frac{d}{R_{ij}}(X_i - X_j).$$

Нетрудно видеть, что искомая точка X_z принадлежит окружности с центром в точке Z_{ij} , радиусом h , плоскость которой перпендикулярна вектору $X_i - X_j$ в случаях 1), 2), и 3 а) и вектору $(X_i - X_j)$, в случае 3 б).

Построим уравнение этой плоскости. Поскольку точка X_z принадлежит этой плоскости, то, обозначив ведущий вектор плоскости P_{ij} (напомним, что $P_{ij} = X_i - X_j$ в случае 1), 2), 3 а) и $P_{ij} = X_j - X_i$ в случае 3 б), уравнение плоскости можно записать в виде:

$$P_{ij}X_z = b, \quad (4)$$

а поскольку точка Z_{ij} также принадлежит указанной плоскости, то $b = P_{ij}Z_{ij}$.

Поскольку каждый треугольник образован двумя известными и одной неизвестной точками, для n известных точек число таких треугольников равно C_n^2 , и число плоскостей вида (4), которые можно построить на их основе, также равно C_n^2 .

Неизвестная точка X_z принадлежит пересечению этих плоскостей, то есть является решением системы вида (3), где

$$\mathfrak{K} = \begin{pmatrix} P_{1,2} \\ P_{1,3} \\ \vdots \\ P_{1,n} \\ P_{2,3} \\ \vdots \\ P_{2,n} \\ \vdots \\ P_{n-1,n} \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{R} = \begin{pmatrix} P_{1,2}Z_{1,2} \\ P_{1,3}Z_{1,3} \\ \vdots \\ P_{1,n}Z_{1,n} \\ P_{2,3}Z_{2,3} \\ \vdots \\ P_{2,n}Z_{2,n} \\ \vdots \\ P_{n-1,n}Z_{n-1,n} \end{pmatrix}.$$

Вариант 3. Из уравнений вида (1) можно построить систему вида (3), где матрица системы \mathfrak{K} имеет вид:

$$\mathfrak{K} = \begin{pmatrix} 1 & -2x_1 & -2y_1 & -2z_1 \\ 1 & -2x_2 & -2y_2 & -2z_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & -2x_n & -2y_n & -2z_n \end{pmatrix},$$

вектор правой части \mathfrak{R} есть

$$\mathfrak{R} = \begin{pmatrix} R_1^2 - X_1^T X_1 \\ R_2^2 - X_2^T X_2 \\ \dots \\ R_n^2 - X_n^T X_n \end{pmatrix},$$

а подлежащий определению вектор Y есть решение такой системы

$$Y = \begin{pmatrix} X_z^T X_z \\ x_z \\ y_z \\ z_z \end{pmatrix},$$

где $X_z^T X_z$ – квадрат длины вектора X_z , первая искомая компонента вектора Y .

Таким образом, показано, что поставленная задача может быть несколькими способами приведена к системе линейных уравнений. Если получаемая при этом матрица системы имеет полный столбцовый ранг (все ее столбцы линейно-независимы), то координаты неизвестной точки могут быть получены в результате решения этой системы [1, 4].

Численные решения для предложенных методов

В качестве демонстрационных примеров применения предложенных методов для решения задачи с угловыми измерениями приведем следующие расчеты. Пусть заданы четыре известные пространственные точки $X_1 = (0, 100, 100)^T$, $X_2 = (100, 100, 0)^T$, $X_3 = (100, 0, 100)^T$, $X_4 = (200, 100, 100)^T$, а измеренные дистанции $R_1 = 100$, $R_2 = 100$, $R_3 = 100$ и $R_4 = 100$, соответственно.

Матрица системы и вектор правой части, сформированные по *Варианту 1*, будут равны:

$$\mathfrak{K} = \begin{pmatrix} 100 & 0 & -100 \\ 100 & -100 & 0 \\ 200 & 0 & 0 \\ 0 & -100 & 100 \\ 100 & 0 & 100 \\ 100 & 100 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{R} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 4 \cdot 10^4 \\ 0 \\ 4 \cdot 10^4 \\ 4 \cdot 10^4 \end{pmatrix}.$$

Решение такой системы – $X_z = (100, 100, 100)^T$.

Система уравнений, полученная по *Варианту 2*, формирует матрицу системы и вектор правой части, равные:

$$\mathfrak{K} = \begin{pmatrix} 100 & 0 & -100 \\ 100 & -100 & 0 \\ 200 & 0 & 0 \\ 0 & -100 & 100 \\ 100 & 0 & 100 \\ 100 & 100 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{R} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \cdot 10^4 \\ 0 \\ 2 \cdot 10^4 \\ 2 \cdot 10^4 \end{pmatrix}.$$

Решение системы $X_Z = (100, 100, 100)^T$ совпадает с решением, полученным для предыдущего варианта, с машинной точностью [1].

По *Варианту 3* получаем матрицу системы и вектор правой части, равные:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -200 & -200 \\ 1 & -200 & -200 & 0 \\ 1 & -200 & 0 & -200 \\ 1 & -400 & -200 & -200 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{X} = \begin{pmatrix} -1 \cdot 10^4 \\ -1 \cdot 10^4 \\ -1 \cdot 10^4 \\ -5 \cdot 10^4 \end{pmatrix}.$$

Решение этой системы – $Y = (3 \cdot 10^4, 100, 100, 100)^T$. Компоненты вектора X_Z совпадают с решением, полученным по *Варианту 1*, с точностью до пятнадцатого знака после запятой, а компонент $X_Z^T X_Z$ равен квадрату длины вектора X_Z с высокой точностью.

Системы уравнений, сформированные для *Вариантов 1÷3*, решались численно двумя способами – с применением обобщенной обратной матрицы, и с применением псевдообратной матрицы, полученной из элементов сингулярного разложения матрицы системы. Результаты вычислений совпали с машинной точностью. В качестве тестовой, задава-

лась точка с координатами $X_Z = (100, 100, 100)^T$. Максимальное отклонение найденных оценочных значений от тестовой точки оказалось у *Варианта 1* и равно $9.099 \cdot 10^{-14}$. То есть, отклонение сравнимо с машинной точностью вычислений.

Литература

1. Амосов, А.А. Вычислительные методы. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 672 с.
2. Большаков В.Д., Маркузе Ю.И., Голубев В.В. Уравнение геодезических построений. – М.: Недра, 1989. – 413 с.
3. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов: учебное пособие / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – СПб.: Лань, 2009. – 608 с.: ил.
4. Вержбицкий В.М. Численные методы (линейная алгебра и нелинейные уравнения): Учеб. Пособие для вузов. – М.: Директ-Медиа, 2013. – 432 стр.
5. Вылегжанин О.Н., Рыбалка С.А. Расчет координат неизвестной точки по результатам дирекционных измерений // Маркшейдерский вестник. 2016. № 5. С.18–22.
6. Задача Потенота – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0_%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%B0, свободный ресурс.
7. Маркузе Ю.И., Голубев В.В. Теория математической обработки геодезических измерений. – М.: Академический проект, 2010. – 247 с.

Олег Николаевич Вылегжанин, канд.хим.наук, доцент,
E-mail: onv@am.tpu.ru;

Сергей Анатольевич Рыбалка, канд.техн.наук, доцент,
тел. +7(3822) 606-138, E-mail: fishing@am.tpu.ru,
rybalka@tpu.ru (Томский политехнический университет,
Институт Кибернетики, кафедра Программной инженерии)

Уважаемые коллеги!

Некоммерческое партнерство «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело», ООО «Союз маркшейдеров России», ЧУ «ЦДПО «Горное образование» приглашают Вас принять участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр», которая пройдет 22–27 мая 2017 года в г. Кисловодск.

В программе конференции:

- развитие систем управления качеством работ и услуг в области промышленной безопасности, производства геологических, маркшейдерско-геодезических и землеустроительных работ на основе отечественного и международного опыта;
- обсуждение правоприменительной практики по новым нормативным требованиям по оформлению горноотводной документации и планированию горных работ;
- обмен опытом по применению передовых технологий для обеспечения промышленной безопасности, производства горных, геологических, маркшейдерско-геодезических и землеустроительных работ, новейших приборов, оборудования и программного обеспечения;
- роль и значение безопасного и рационального использования минеральных ресурсов и охраны недр в обеспечении экономической безопасности России.

Организационный взнос за участие в конференции составляет 43 650 руб. (НДС не облагается).

С тематикой конференции, контрольными сроками и порядком оформления участия в конференции можно ознакомиться на сайтах www.mwork.su, www.gorobr.ru или по тел.+7(495) 641-00-45.

Редакция «МВ»

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ – ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗАДАЧА

Рассмотрен актуальный вопрос государственного регулирования обеспечения единства измерений в части необходимости проведения периодических поверок средств измерений, используемых при производстве маркшейдерских работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: государственное регулирование; измерения; метрологический контроль; поверка средств измерений; геодезические и маркшейдерские работы.

M.N.Sitaev, S.V.Rubashenko

ENFORCE THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS – PUBLIC TASK

Discusses the topical issue of state regulation of ensuring the uniformity of measurements the need for periodic verification of measuring instruments used in the production of surveying works.

KEYWORDS: state regulation; measurement; metrology; calibration of measuring instruments; geophysical and surveying work.



Ситаев М.Н.



Рубашенко С.В.

Публикация [1] о поверке маркшейдерских инструментов не вызвала у нас ни удивления, ни каких-либо других эмоций. По роду своей деятельности мы стараемся следить за публикациями на метрологические темы не только в публичных средствах массовой информации, но и в специализированных изданиях профессиональных сообществ, а так же на различных форумах. Периодически, с разной степенью интенсивности и активности обсуждения, в том или ином специализированном издании появляются статьи, подвергающие критике существующую в России государственную систему обеспечения единства измерений (ГСИ) в части необходимости проведения периодических поверок средств измерений (СИ). При этом в качестве обоснования приводят не отличающиеся разнообразием доводы. Можно даже их систематизировать:

- поверка не дает гарантии правильности работы СИ в межповерочный период (МПИ);
- это навязанная услуга, преследующая своей целью выкачивание денег из предприятия (вариант: присосались к бюджету);
- приходится транспортировать эти СИ в поверку;
- никто в мире это не поверяет;
- мы сами являемся высококлассными специалистами и способны определить работоспособность применяемого СИ безо всяких эталонов.

Все вышеуказанное разбавляется определенной долей лирики и, иногда, душераздирающими примерами отрицательных последствий госповерки.

Ответная статья [2], выдержанная в очень взвешенных тонах, опирающаяся на действующую сегодня в государст-

ве нормативно-правовую базу и предлагающая реальные способы решения проблем организационно – техническими методами, казалось бы, притушила страсти. Оказалось, что нет, семена дали всходы.

Последовавшая за этим в 2016 г. серия публикаций [3,4] в поддержку позиции Пустуева А.А., к нашему удивлению, не только не привела к поиску возможных путей взаимопонимания и взаимодействия а, наоборот, к попытке противопоставления позиций в зависимости от вида профессиональной деятельности, что на наш взгляд контрпродуктивно. Надеемся, что, не смотря на то, что мы не занимаемся подготовкой специалистов-маркшейдеров, не занимаемся наукой, все же имеем право высказать свое мнение по обсуждаемой проблеме.

Нужно признать, первым желанием было провести разбор статьи [1], что называется «по косточкам», с указанием ошибочных терминов, нелогичностью выводов. Но потом стало ясно, что проблема имеет системный характер. Мы надеемся, что и автор [3], предлагая вывести из-под действия ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [5] маркшейдерские работы, отдает себе отчет, что это предполагает следующее:

- отказ от необходимости нормирования точности измерения маркшейдерских работ;
- отказ от необходимости проведения испытания типов СИ для целей определения метрологических характеристик;
- отказ от необходимости проведения испытания типов СИ для целей определения влияющих факторов на результаты измерений;
- отказ от необходимости проведения испытания типов СИ для целей определения показателей надежности;
- отказ от необходимости метрологической аттестации программного обеспечения СИ;
- наконец, исполнение главного желания – отказ от необходимости обеспечения прослеживаемости единиц физических величин к государственным или национальным эталонам. Т.е. мы все должны понимать, что государственное регулирование обеспечения единства измерений не суть только поверка СИ. Прежде чем отказаться от вышеперечисленного, стоит хорошо подумать.

Этот «метрологический сепаратизм» вызывает неподдельное удивление особенно в пору, когда идет активная интеграция нашего государства в международное метрологическое сообщество, в котором международное глобальное признание сравнимых результатов измерений и испытаний может быть получено только путем привязки (прослеживаемости) результатов к стабильным по времени измерительным эталонам и реперам, в частности, к Международной системе единиц – СИ.

Системный подход к реализации этих задач наиболее полно представлен в национальном стандарте ГОСТ Р ИСО 10012-2008. «Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию» [6]. Другим ключевым документом современной прикладной метрологии для обеспечения доверия к результатам измерений является совместная декларация BIPM, OIML, ILAC и ISO «О метрологической прослеживаемости» [7]. Этот документ фиксирует разработки нового подхода к прослеживаемости измерений и его оформлению в виде группы международных стандартов общих требований. В соответствии с этим подходом, доверие к результатам измерений требует соотнесения с эталоном через документально подтвержденную цепь поверок (калибровок), каждая из которых вносит вклад в погрешность (неопределенность) измерений и калибровок, а также иерархию эталонов. Через процедуры метрологического подтверждения характеристик СИ обеспечивается прослеживаемость измерений параметров к национальным эталонам, то есть единство измерений на корпоративном, отраслевом и национальном уровнях.

Предложение отказаться от процедур сличения СИ с эталонами, на наш взгляд, приведет к замыканию системы саму на себя, как бы к «оукливанию» маркшейдерских работ и напоминает какое-то возвращение к временам замкнутых ремесленных сообществ.

В декабре 2016 г. успешно завершены приемочные испытания опытных образцов комплексов метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС, разработанных и изготовленных в ВНИИФТРИ в 2012-2016 гг.

Опытные образцы комплексов метрологического обеспечения радиотехнических измерений включают в себя 21 составную часть, в том числе аппаратуру оценки энергетических характеристик навигационных сигналов, аппаратуру имитации пространственного навигационного поля, аппаратуру оценки метрологических характеристик комплексированной и помехоустойчивой навигационной аппаратуры потребителей, высокоточные измерители навигационных параметров и др.

Комплекс метрологического обеспечения средств измерения длины предназначен для обеспечения единства измерений высокоточных дальномерных, координатных и угловых средств измерений составных частей системы ГЛОНАСС. Комплекс включает в себя 26 составных частей, в том числе эталонный измерительный комплекс в диапазоне длин до 60 м на основе фемтосекундного лазера и измерительного базиса, лазерного интерферометра, средств измерений длины, приращений координат и углов и др.

В результате созданы образцы оборудования, которые во многих случаях имеют наивысшие точностные характеристики в Российской Федерации и не уступают зарубежным аналогам.

По словам заместителя Руководителя Росстандарта Сергея Голубева, «проведенные за последние 5 лет работы позволят решать не только задачи метрологического обеспечения средств измерений системы ГЛОНАСС. Речь идет также о метрологическом обеспечении средств измерений, которые применяются в геодезии и картографии, строительстве, построении испытательных полигонов различного назначения, мониторинге объектов повышенной опасности, решении задач в сфере транспорта».

Получается, зря старались? Маркшейдерам это будет уже ни к чему?

Автор в своей статье [3] пишет: «...Понятие «поверка приборов» существует в геодезии и маркшейдерском деле также более ста лет. Под ними всегда понимались определенные проверки геометрических соотношений в приборах и калибровки, т.е. сверки с приборами более высокой точности. Важно отметить то обстоятельство, что поверки выполнялись геодезистами и маркшейдерами самостоятельно, без использования каких-либо эталонов».

После прочтения подобного у метрологов появляется ощущение когнитивного диссонанса, а еще впечатление, что мы жили в разных странах. Хотя наш ЦСМ занимается поверкой СИ не «более ста лет», а всего лишь 90 лет, но и этого вполне достаточно, чтобы иметь возможность оперировать статистическими данными результатов поверки СИ, и именно эта информация несколько портит идеалистическую картинку, рисуемую нам авторами рассматриваемых статей.

Так, например, оптические нивелиры, связанные с решением задач в т.ч. по передаче высотных отметок при строительстве, геодезических или маркшейдерских съемках, являются самыми простейшими из оптико-механических средств измерений, но, тем не менее, практически *каждый второй прибор*, поступающий в поверку, *требует юстировки*.

Такая же ситуация и с еще недавно самым популярным классом маркшейдерских инструментов – теодолитами, которые еще с успехом применяются на производстве. И чтобы не говорили уважаемые оппоненты о высоком профессионализме (в чем мы не сомневаемся) специалистов, эксплуатирующих эти приборы, *30% предъявленных на поверку СИ также нуждаются в юстировке*. А ведь подобного просто не должно быть, исходя из логики авторов обсуждаемых статей.

Что касается связи истории с современностью, то, как известно, все новое – это хорошо забытое старое. Так и с ГОСТ Р ИСО 17123-1-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов» [8], который устанавливает теоретическую базу для методик полевых испытаний геодезических и топографических приборов по ИСО 17123-2 – ИСО 17123-08.

В недавнем прошлом Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР были разработаны Инструкции [9], которые распространялись на методы и средства эксплуатационной поверки геодезических инструментов,

осуществляемой при производстве геодезических измерений и топографических съемок в полевых и промышленных условиях. В них описаны способы поверки, как в лабораторных, так и в полевых условиях, показаны периодичность и порядок выполнения поверок, определены средства, с помощью которых они производятся, приведены формы обязательных документов, заполняемых в процессе поверки.

Эти Инструкции являлись составной частью системы общеобязательных нормативно-технических актов, утверждаемых ГУГК СССР, в соответствии с положением о ГУГК СССР, утвержденным Советом Министров СССР, и были направлены на обеспечение высокого качества, единства геодезических измерений и выполнения их в единой системе координат.

В целом вопросам метрологического обеспечения измерений в геодезии и геодезическом приборостроении всегда уделялось должное внимание. Следует отметить, что качество измерений зависит не только от знаний и опыта исполнителя, но и от наличия пригодных к эксплуатации приборов и оборудования, от их метрологического обеспечения на различных этапах жизненного цикла прибора. Метрологическое обеспечение в геодезическом приборостроении направлено на утверждение и применение метрологических норм, правил и методик выполнения измерений (МВИ), а также разработку, изготовление и применение технических средств для обеспечения единства и требуемой точности измерений.

Нам совершенно непонятно, почему, имея достаточное количество квалифицированного персонала, всю необходимую документацию, аттестованные полигоны, не аккредитоваться самим на право поверки или калибровки средств измерений своей номенклатуры. Сегодня в нашем государстве нет монополии на право поверочной или калибровочной деятельности при проведении маркшейдерских работ. Таким образом, вместо того, чтобы исключить себя из глобальной метрологической системы, обеспечивающей прослеживаемость результатов измерений до государственных (национальных) эталонов, наоборот, возможно более тесно интегрироваться в эту систему, что, несомненно, повысит степень доверия к результатам измерений. Кстати, все, кто заявляют о том, что за рубежом нет никаких поверок, а есть только добровольная калибровка, либо не владеют ситуацией, либо лукавят. Действительно, калибровка – дело добровольное, но в контрактах прописывается, что результаты измерений должны вызывать доверие, которое обеспечивается прослеживаемостью к национальному эталону, а так же требуется расчёт неопределенности измерений, что без калибровки невозможно сделать. Периодичность калибровок регламентирована, а если выяснить, сколько стоит калибровка сложного прибора, то можно испытать непередаваемые ощущения. Эти величины сопоставимы с затратами Учалинского горно-обогатительного комбината на поверку маркшейдерских приборов за 2014 г. [4]. Напомним эту цифру – 308 400 руб. Предлагаем, кстати, всем заинтересованным ознакомиться хотя бы с перечнем директив Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ), что, на наш взгляд, позволит увидеть организацию метрологического обеспечения в государстве под другим углом.

За последние десятилетия маркшейдерское приборостроение существенно изменилось. Значительно возросла доля

высокопроизводительных электронно-оптических приборов, способных выполнять точные и высокоточные измерения, практически исчезло с рынка оборудование, предназначенное специально для выполнения маркшейдерских измерений в подземных горных выработках. Это, с одной стороны, повысило производительность работ, но, с другой стороны, требует уже гораздо более высокого уровня квалификации персонала, а самое, на наш взгляд, важное – эти сложные приборы и системы требуют периодического профилактического сервисного обслуживания. Своими силами с этим уже не справиться, и в этом случае огромный интерес вызывает предложения В.И. Глейзера и Г.П. Жукова [2] создавать в городах и регионах России сервисные центры, способные проводить гарантийные и послегарантийное обслуживание приборов. Эти центры могут организовываться на базе самих компаний-поставщиков, региональных центров метрологии или даже самих горнодобывающих производств, если для этого есть необходимые условия: персонал, эталоны, полигон.

В заключение хотелось бы порекомендовать авторам воспользоваться теоремой Гёнделя о неполноте: «Доказать непротиворечивость какой-либо теории нельзя, оставаясь в рамках самой этой теории. Для доказательства непротиворечивости теории надо выйти за рамки этой теории».

Литература

1. Пустуев А.А. О поверке маркшейдерских инструментов // Маркшейдерский вестник. 2013. – №6. – С. 40–41.
2. Глейзер В.И., Жуков Г.П. Метрологическое обеспечение маркшейдерских и геодезических средств измерений // Маркшейдерский вестник. – 2014. №2. – С. 30–32.
3. Голованов В.А. Проблемы метрологического контроля при ведении маркшейдерских работ // Маркшейдерский вестник. – 2016. – № 3. С. 19–21.
4. Пустуев А.А. О поверке маркшейдерских инструментов // Маркшейдерский вестник. – 2016. № 3. – С. 17–18.
5. Федеральный закон РФ от 26.07.2008 «Об обеспечении единства измерений».
6. ГОСТ Р ИСО 10012-2008. «Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию».
7. Совместная декларация от 9 ноября 2011 г. BIMP, OIML, ILAC и ISO «О метрологической прослеживаемости».
8. ГОСТ Р ИСО 17123-1-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов».
9. Сборник инструкций по производству поверок геодезических приборов. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1988.

Михаил Николаевич Ситаев, заместитель директора по метрологии Государственного регионального центра стандартизации, метрологии и испытаний в Архангельской области и Ненецком автономном округе, тел.+7(8184)659067, Email: Sitaev@arkhcsml.ru;
Рубашенко Сергей Викторович, начальник Архангельского отдела обеспечения единства измерений Государственного регионального центра стандартизации, метрологии и испытаний в Архангельской области и Ненецком автономном округе, тел. +7(8184)203577, Email: Rubashenko@arkhcsml.ru

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОДЕЗИИ И МАРКШЕЙДЕРИИ

Представлен анализ метрологических проблем в области геодезических измерений и маркшейдерии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метрологическое обеспечение; метрологический контроль; поверка средств измерений; геодезические и маркшейдерские работы.

T.M.Vladimirova

TOPICAL PROBLEMS OF METROLOGICAL SUPPORT GEODESY AND MINE SURVEYING

The analysis of metrological problems in the field of geodetic measurements and surveying.

KEYWORDS: metrological support; metrological control; calibration of measuring instruments; mine survey and survey work.



Владимирова Т.М.

Одним из важных вопросов, рассмотренных в рамках Всероссийской конференции «Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности», которая была организована Северным (Арктическим) федеральным университетом имени М.В. Ломоносова (САФУ) 21–23 ноября 2016 г., являлся вопрос метрологического обеспечения геодезических средств измерений (СИ) [1].

Понимая актуальность заявленной тематики, автор выражает свое мнение на суть проблемы и обосновывает путь ее решения, исходя из норм современного законодательства в сфере обеспечения единства измерений и технического регулирования.

Проведенный анализ ряда публикаций [2–5] по данной тематике подтвердил необходимость решения назревших проблем. В свете развития технологии производства СИ, расширения их конструктивных и метрологических возможностей маркшейдерско-геодезическая практика в настоящее время использует спутниковые приёмники, мобильные топографические системы, лазерные сканеры и ряд других современных СИ наряду с традиционными в данной сфере нивелирами, тахеометрами и теодолитами.

Безусловно, для того, чтобы быть уверенным в каждом полученном результате измерений, принять на его основе качественно правильное решение, другими словами, обеспечить единство измерений в масштабах предприятия и государства в целом, необходимо неукоснительно соблюдать законодательные нормы в области метрологического обеспечения.

Современную нормативную базу в области метрологического обеспечения геодезии и маркшейдерского дела составляют ряд нормативно-правовых актов, а именно: федеральный закон № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законода-

тельные акты Российской Федерации», федеральный закон об обеспечении единства измерений № 102-ФЗ, а также ряд подзаконных НПА – Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07–603–03), Положение о лицензировании производства маркшейдерских работ, утвержденное постановлением Правительства РФ от 28 марта 2012 г. № 257.

Одним из важных элементов метрологического обеспечения является метрологический контроль, который в рассматриваемой сфере реализуется в форме утверждения типа СИ, поверки СИ, а лицензируемый ранее вид деятельности по производству эталонов единиц величин, стандартных образцов и СИ носит, в соответствии с нормами федерального закона № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля», лишь уведомительный характер (ст. 8, п. 2, пп. 23).

Утверждение типа СИ – это правовой акт Государственной метрологической службы, заключающийся в признании типа СИ пригодным в стране для серийного выпуска. Свидетельство об утверждении типа СИ, которое выдает заявителю Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), содержит в себе информацию о методике поверки данного СИ, а также о межповерочном интервале. Действительно, при практической реализации данной формы метрологического обеспечения существует ряд объективных проблем. Например, недостаточная оснащенность нормативной документацией при работе с новыми современными СИ в области геодезии и маркшейдерии. Многие действующие национальные стандарты на геодезические приборы устарели, а новые разработки отсутствуют. Также разработка и аттестация методик поверки – дело непростое, длительное и высокочрезвычайно затратное.

Решением назревшей проблемы является разработка отечественных научно-обоснованных методик, обеспечивающих в рамках закона № 102-ФЗ надёжный метрологический контроль современного измерительного оборудования.

Другой формой государственного метрологического контроля является поверка СИ. Поверка СИ – это установ-

ление пригодности средства измерения к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждение их соответствия установленным обязательным требованиям.

Согласно законодательству [6], поверка СИ осуществляется органом Государственной метрологической службы или организацией, аккредитованной на право проведения поверочных работ СИ данного типа. Критерии аккредитации действительно довольно жесткие и в отношении технической оснащённости поверочной лаборатории, и относительно компетенции метрологов – поверителей. Поэтому мнение уважаемого А.А. Пустуева [2] не имеет под собой юридического основания, так как геодезические измерения входят в перечень сфер государственного регулирования обеспечения единства измерений, к которым установлены обязательные метрологические требования в соответствии с нормами ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (ст. 1, п. 3, пп. 11). Действительно, законодатель допустил, на наш взгляд, большую ошибку в правовом регулировании обеспечения единства измерений, не прописав непосредственно в качестве сферы государственного регулирования маркшейдерские работы. Но само назначение проведения маркшейдерских работ включает в себя и выполнение работ по обеспечению безопасных условий и охране труда (пп. 5, указанной статьи); выполнение государственных учетных операций и учет количества энергетических ресурсов (пп. 8). Следовательно, поверку СИ применяемых в области геодезических и маркшейдерских измерений, могут осуществлять только уполномоченные на то лица в установленном порядке. Но, конечно, нельзя не согласиться с уважаемым коллегой, что ценовая политика деятельности метрологических служб и их территориальное расположение по отношению к конечному потребителю, также должны быть пересмотрены в пользу последнего.

Нельзя отмахнуться от имеющихся в отрасли метрологических проблем. Необходимо решать и задачу подготовки профессиональных кадров в области метрологии в государственном масштабе, потому что без этой отрасли

знаний трудно представить возрождение отечественной промышленности в целом.

В рассматриваемой сфере необходимо решать и организационные вопросы процедуры поверки: частые корректировки правил оформления обязательных метрологических документов, например, свидетельств о поверке, изменения поверочных схем с целью монополизации того или иного вида деятельности в области метрологии. Как показывает практика, многие непродуманные решения выводят из строя метрологические службы на длительный период времени, и потребители оказываются в сложной ситуации [1].

На наш взгляд, оптимальным решением рассмотренных проблем является изменение (с учетом мнения компетентных специалистов-практиков) отраслевого законодательства в области метрологического обеспечения. Выходом из сложившейся ситуации является восстановление и построение соответствующих отраслевых институтов с учетом имеющегося национального опыта, а также норм международных стандартов и зарубежных стандартов других государств.

Литература

1. Глейзер В.И. Практика метрологического обеспечения геодезических средств измерений // Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности: матер. Всероссийской науч.-техн. конференции молодых ученых, аспирантов и ученых (21–23 ноября 2016 г.); Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ, 2016.
2. Пустуев А.А. О поверках маркшейдерских инструментов // Маркшейдерский вестник. – №6. – 2013.
3. Глейзер В. И., Жуков Г. П. Метрологическое обеспечение маркшейдерских и геодезических средств измерений. // Маркшейдерский вестник. – № 2. – 2014.
4. Пустуев А.А. О поверках маркшейдерских инструментов // Маркшейдерский вестник. – № 3. – 2016.
5. Голованов В.А. Проблемы метрологического контроля при ведении маркшейдерских работ // Маркшейдерский вестник. – № 3. – 2016.
6. Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» Опубликовано: 2 июля 2008 г. в «Российской газете» – Федеральный выпуск № 4697.

Татьяна Михайловна Владимирова, канд. техн. наук, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации, Высшей школы энергетики, нефти и газа, тел. +7(8921) 293-43-34, E-mail: t.vladimirova@narfu.ru, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (САФУ)

ТОРСОН

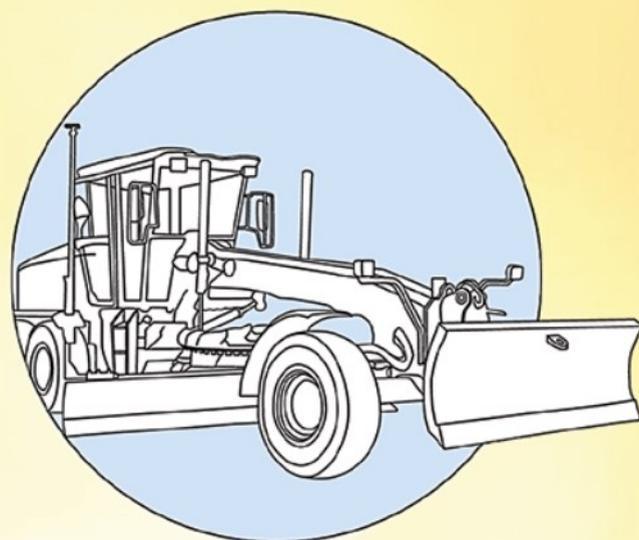
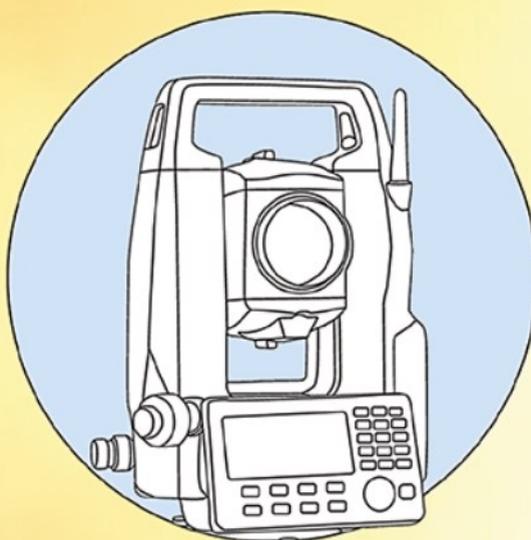
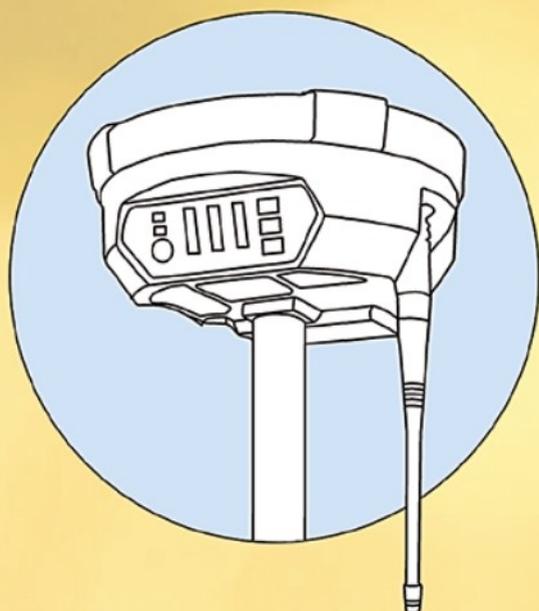
SOKKIA

VEGA
CONSTRUCTION INSTRUMENTS



**ЗАО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург**

**Официальный представитель Торсон Sokkia
на Северо-Западе России**



ЗАО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург,
ул. Большая Монетная, д. 16

(812) 363-43-23

(812) 363-19-46



www.geopribori.ru

МАРКШЕЙДЕРСКАЯ СЪЁМКА, ОСНОВАННАЯ НА ФОТОГРАФИРОВАНИИ СЛЕДА ЛАЗЕРНОЙ ПЛОСКОСТИ

Затронута актуальная на сегодняшний день проблема определения объёмов сырья в крытых складах на горных и перерабатывающих предприятиях. Авторами обозначены два современных, высокотехнологичных решения: использование наземной лазерной сканирующей системы и применение принципиально новой системы автоматизированного маркшейдерского учёта объёмов полезного ископаемого, основанной на использовании цифровых фотографий сечений, полученных с помощью вертикального проецирования лазерной плоскости на поверхность складированного сырья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: крытые склады; лазерное сканирование; маркшейдерская съёмка; фотограмметрические методы в маркшейдерском деле.

V.V. Valdman, S.O. Gridnev, A.L. Ohotin

MINE SURVEYING BASED ON PHOTOGRAPH TRACE LASER PLANE

The article examines into the vital issues of measuring and calculating the raw stock volumes in covered storehouses at mining and processing plants. The authors bring out two state-of-the-art high-technology solutions: the first is to use the ground-based laser scanning system and the second is a method to use fundamentally new computerized stocktaking system in mine surveying for the ore mineral volume calculation, based on the profile digital images. These images are obtained via vertical projection of the laser plane onto the surface of the stored raw materials.

KEY WORDS: covered storehouses; laser scanning; surveying; photogrammetric methods in mine surveying.

Большинство горных и перерабатывающих предприятий используют в цепочке обогащения или переработки полезного ископаемого крытые склады (рис. 1). Ежемесячно маркшейдерской службе требуется определять объёмы складированного сырья в таких помещениях [1]. Проведение таких работ вызывает ряд трудностей связанных, в основном со стеснёнными условиями, большим количеством препятствий (стен, перегородок и т.д.) и часто невозможностью передвигаться по самому сырью. Постоянно усложняющиеся процессы обогащения и переработки полезных ископаемых требуют сегодня более оперативного и точного учёта объёмов. Поэтому разработка системы автоматизированного маркшейдерского учёта объёмов полезного ископаемого в крытых складах является актуальнейшей темой.



Рис. 1. Крытый склад, заполненный сырьём
(фото из открытых источников)

На сегодняшний день учёт в крытых складах ведётся с помощью оперативного учёта («взвешивание»). Этот способ учёта достаточно актуальный и рабочий, но сырьё взвешивают при поступлении на склад, потом часть сырья со склада вывозят, а какое-то сырьё внутри склада перемешивают, таким образом всё равно требуется маркшейдерский замер. К тому же на такой оперативный учёт сильно влияет влажность, которая непостоянна в разные периоды времени.

Маркшейдерский замер, как правило, выполняется двумя способами. Во-первых, это тахеометрическая съёмка, которая имеет следующие недостатки: большая трудоёмкость работ, особенно, если это большое производство (большие крытые склады), в таком случае необходимо содержать крупный штат маркшейдерской службы; перемещение по сырью, опасное для жизни и здоровья исполнителя и т.д. Во-вторых, в настоящее время разработаны системы наземного лазерного сканирования, которые значительно упрощают выполнение данного вида работ, однако для съёмки крытых складов сканером требуется в среднем 8–10 сканпозиций [2], что ведёт к значительным временным затратам. Кроме того, системы наземного лазерного сканирования – очень сложные и весьма дорогостоящие импортные приборы (5–10 млн. руб.), не имеющие аналогов российских производителей и требующие высококлассного специалиста для проведения съёмки и обработки данных.

Все известные маркшейдерские методы на сегодняшний день требуют остановки работы склада на 3 часа и более. Для наглядности разберем порядок процесса сканирования и обработки типичного крытого склада.

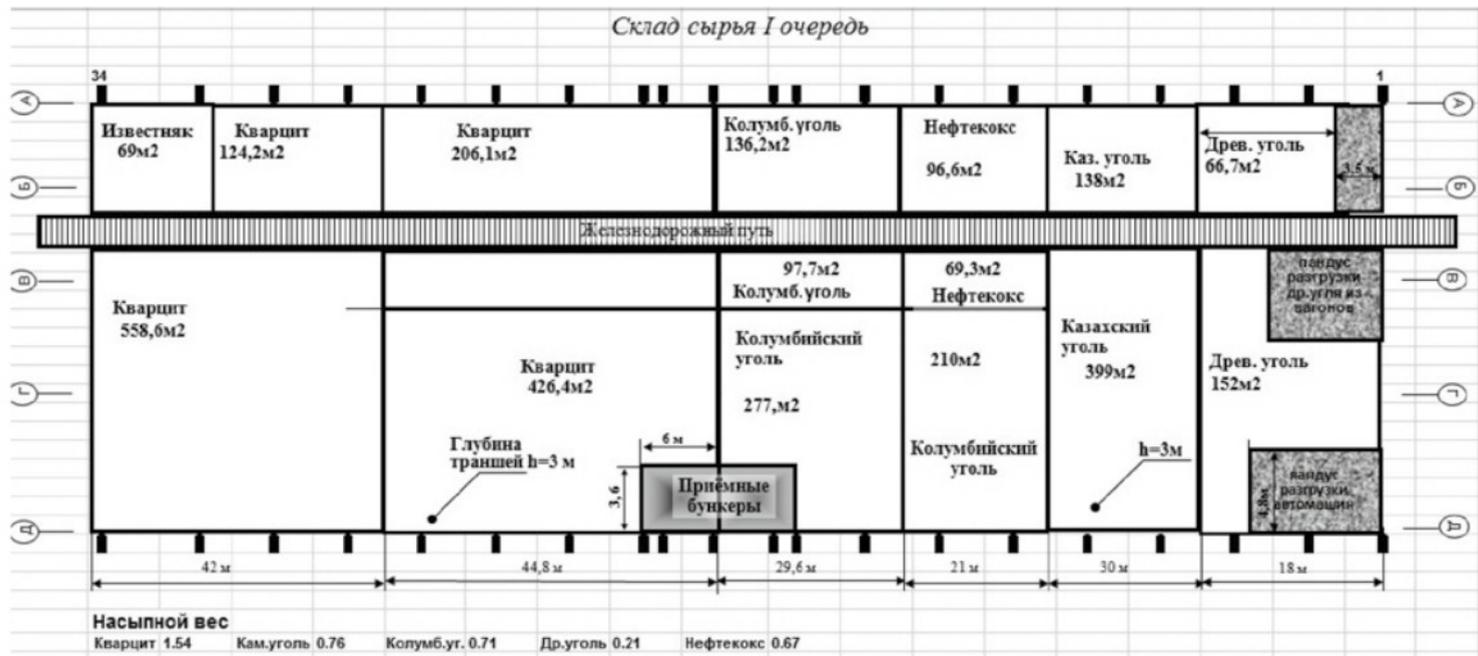


Рис. 2. Схема типичного крытого склада

На рис. 2 изображена схема обычного крытого склада с разделением продукции. Из схемы понятно, что даже при использовании наземного лазерного сканирования съёмка такого склада займёт много времени и, как следствие, потребует остановки работы склада на длительное время.

На рис. 3 показано облако точек, полученное по результатам лазерного сканирования, на котором видна, безусловно, очень высокая подробность съёмки, однако после обработки этого облака камеральщик из всего изобилия пространственной информации извлечет только данные, необходимые для подсчета объемов (рис.4).



Рис. 3. Пример облака точек при выполнении съёмки крытых складов наземным лазерным сканером

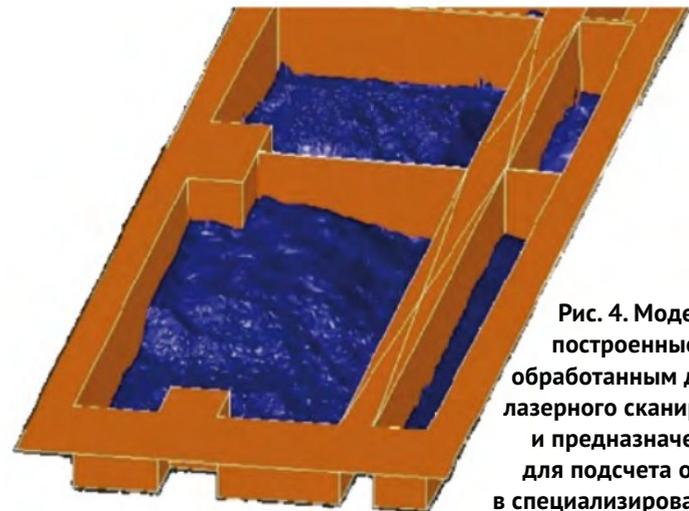


Рис. 4. Модели, построенные по обработанным данным лазерного сканирования и предназначенные для подсчета объема в специализированном ПО



Рис.5. Сечения, участвующие в подсчете объемов

Кроме того, для подсчета объемов программа использует лишь сечения, построенные по моделям, показанным на рис. 4 (рис. 5).

Исходя из вышеизложенного, возникает вопрос: можно ли сечения, участвующие в непосредственном подсчете объемов, получить сразу, минуя весь процесс обработки и использования такого дорогостоящего оборудования, как лазерный сканер?

Идея создания системы учета объемов складов заключается в использовании возможности получения координат следа лазерной плоскости фотограмметрическими методами для вычисления объема.

Из курса оптики известно, что если лазерный луч направить на цилиндрическую призму, то она разложит его в лазерную плоскость, и если направить эту плоскость на объект съёмки, то мы получим сечение объекта в данном месте (рис. 6 и 7).

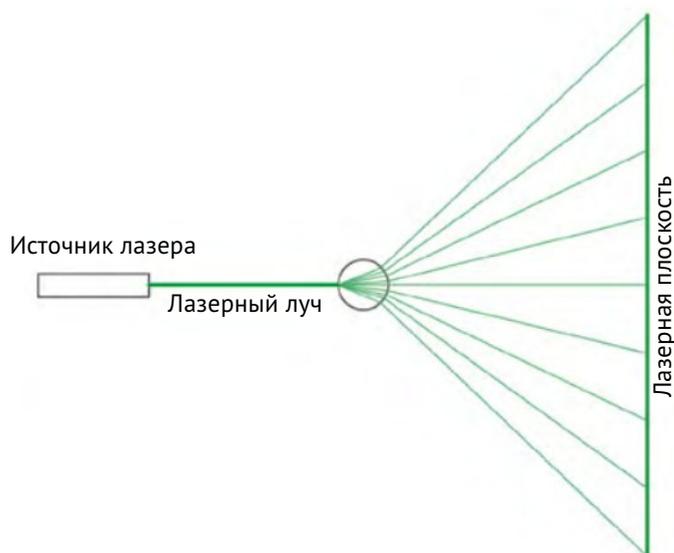


Рис. 6. Разложение лазерного луча в плоскость

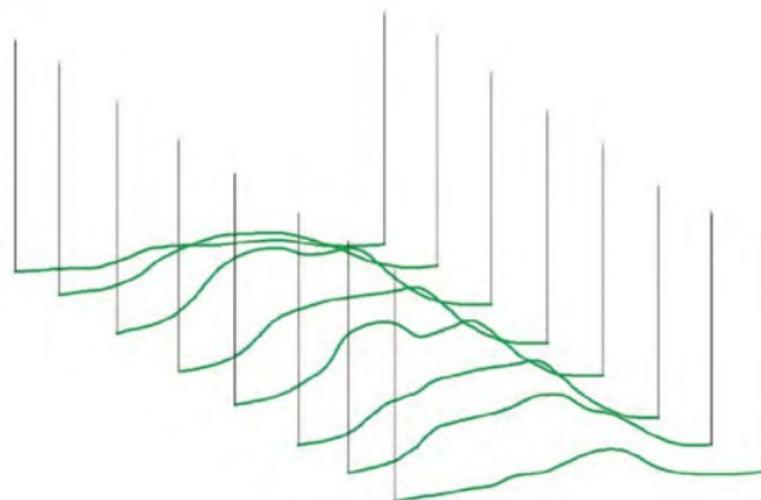


Рис. 7. Множественные сечения объекта

Принципиальная схема устройства состоит из цифровой калиброванной фотокамеры, которая жёстко закреплена на определенном расстоянии с лазерным построителем плоскости, и лазерного дальномера, который срабатывает одновременно с затвором камеры и измеряет расстояние от этой системы до фиксированного объекта. Кроме того, требуется движущаяся платформа, передвигающаяся вдоль всего склада (специализированная каретка, кран-балка и т.п.), и сеть wi-fi, по которой данные будут передаваться на удалённый компьютер (рис. 8).

Рассмотрим математический аппарат ортотрансформирования снимка [3]. В простом случае, когда снимок расположен в надир к плоскости фотографирования, сетка квадратов на местности и на снимке будет аналогична и отличаться масштабом в зависимости от фокусного расстояния фотокамеры и высоты фотографирования (рис. 9):

$$\frac{1}{M} = \frac{f}{H} \quad (1)$$

В описываемом случае снимок будет наклонным, поэтому для ортотрансформирования помимо масштаба необходимо использовать следующие фотограмметрические формулы приращения координат (рис. 10):

$$Ya' = Ya + \delta_y; \quad (2)$$

$$\delta_y = \frac{Ya}{\cos \alpha}; \quad (3)$$

$$Xa' = Xa + \delta_x; \quad (4)$$

$$\delta_x = -\frac{r_c^2 \cdot \cos \phi \cdot \sin \alpha}{f - r^2 \cdot \cos \phi \cdot \sin \alpha} \quad (5)$$

Теперь, зная наклон камеры, расстояние до лазерной плоскости и калибровочные параметры камеры (фокусное расстояние, координаты главной точки и т.д.), с помощью известных фотограмметрических формул можно выполнить цифровое трансформирование снимков на лазерную плоскость (рис.11) и получить ортогональное изображение

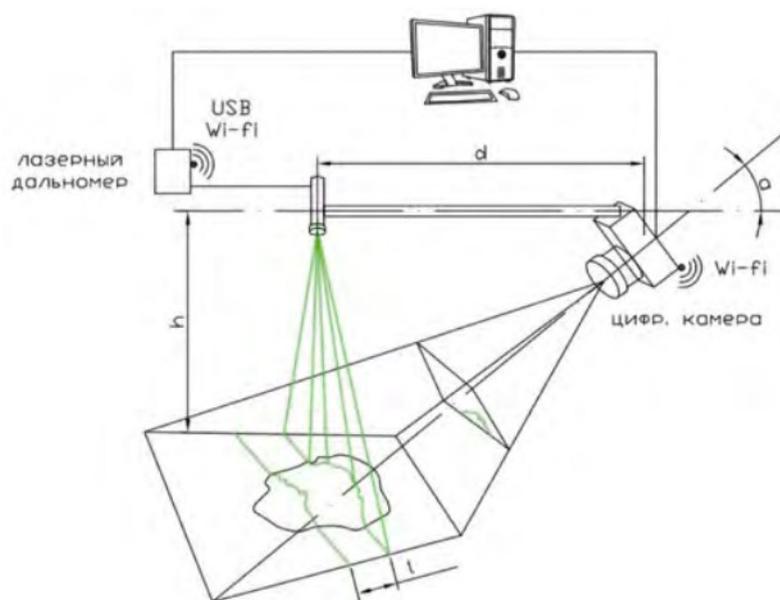


Рис. 8. Принципиальная схема устройства съёмки склада

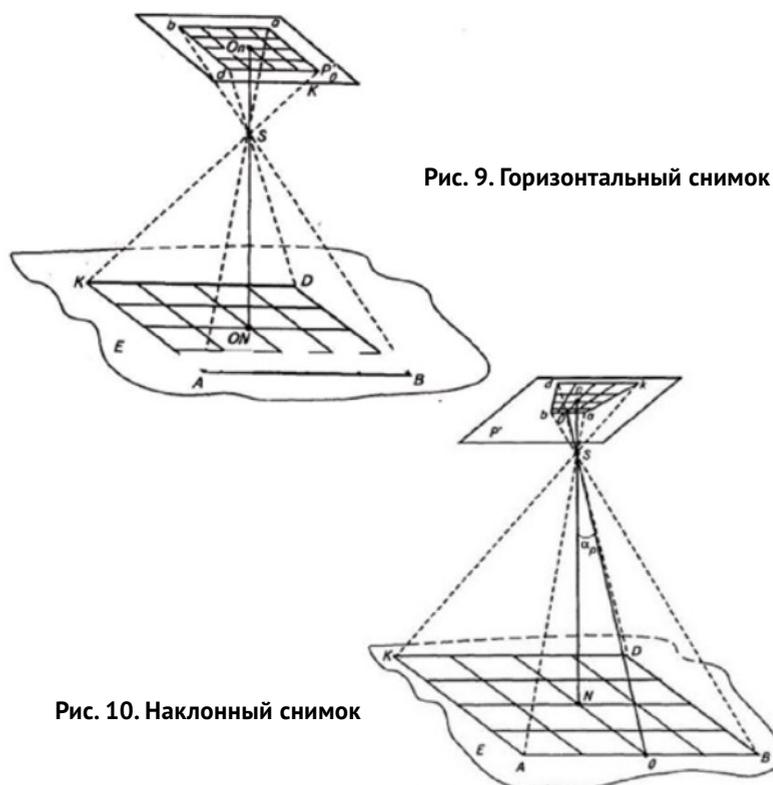


Рис. 9. Горизонтальный снимок

Рис. 10. Наклонный снимок

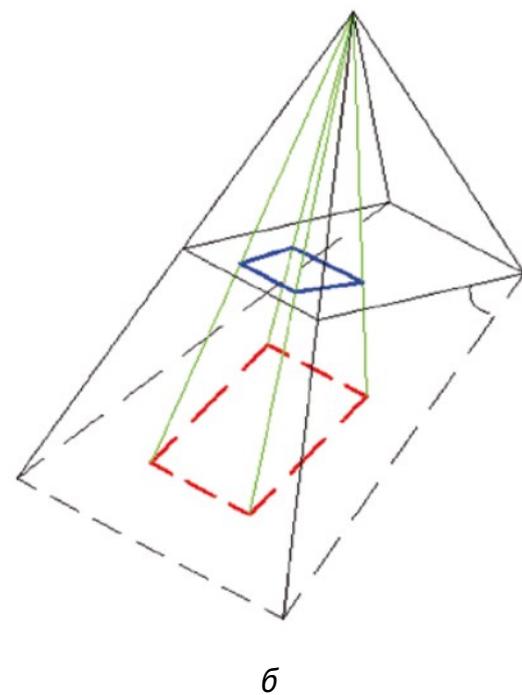
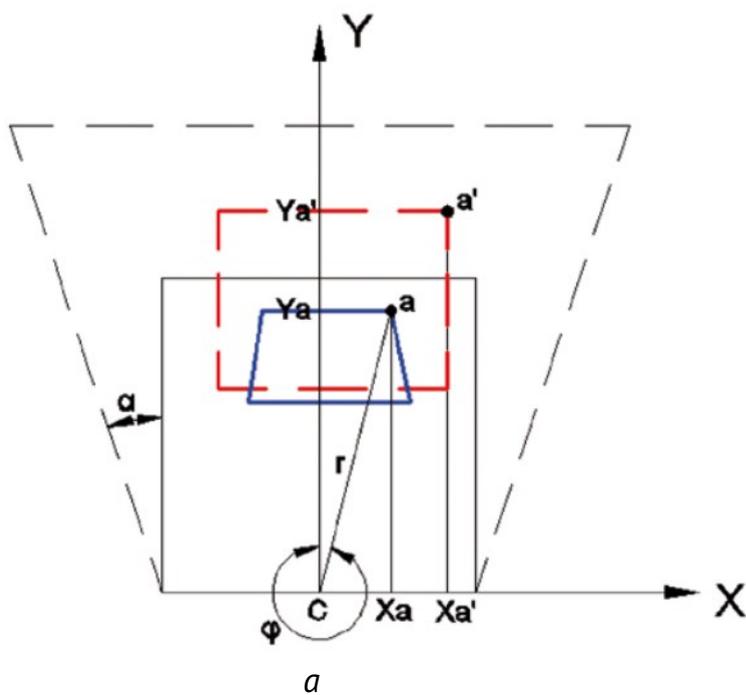


Рис. 11. Пример трансформирования объекта



Рис. 12. Экспериментальный образец

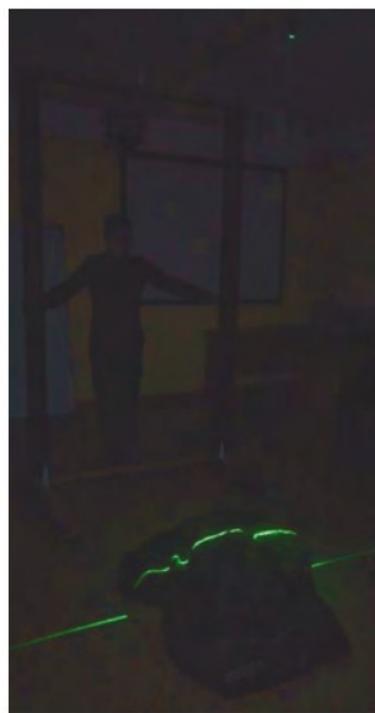


Рис. 13. Пример цифрового снимка спроецированной лазерной плоскости на объёмный объект

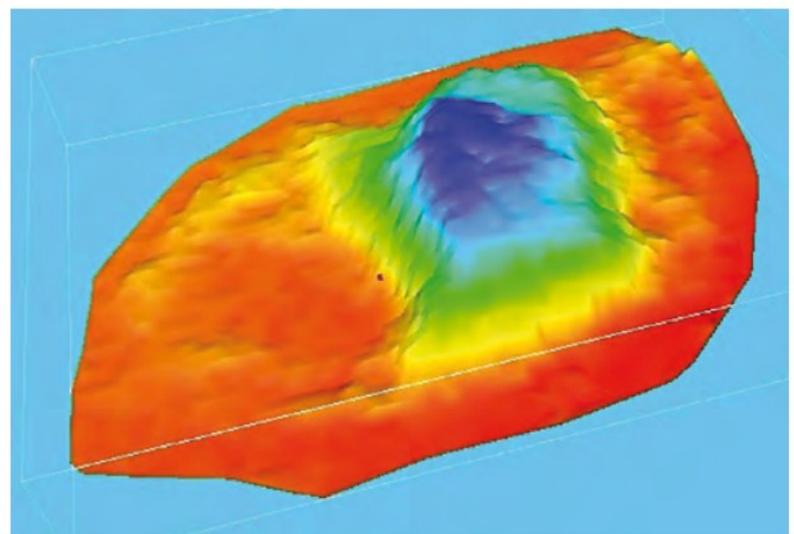


Рис. 14. Модель, полученная по результатам съёмки

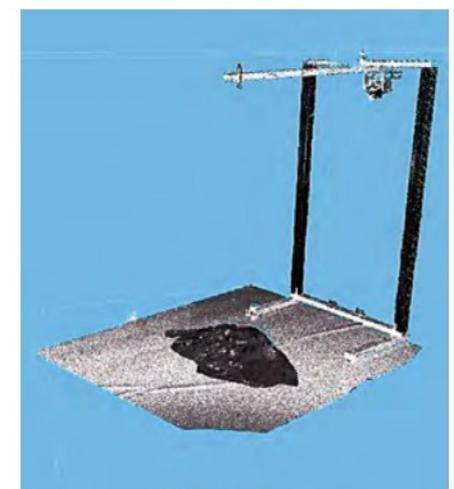


Рис. 15. Облако точек наземного лазерного сканера

сечений, по которым можно сразу выполнить подсчет объёмов способом вертикальных сечений.

Для подтверждения работоспособности способа был создан экспериментальный образец (рис. 12) и выполнен эксперимент, имитирующий склад, в кабинетных условиях.

В качестве построителя плоскости взята одна из лазерных указок, обширно представленных на рынке. Для получения цифровых изображений использована цифровая камера с широкоугольным объективом Nikon D70. В данном эксперименте для определения местоположения системы лазерный дальномер использован не был – импровизированная кран-балка перемещалась с остановками по раз-

меченной шкале через 10 см. Пример цифрового снимка спроецированной лазерной плоскости на объёмный объект можно увидеть на рис. 13. Таким образом было получено n сечений объекта.

Трансформирование снимков в данном эксперименте выполнялось в пакете Terra Photo программного комплекса Terra Solid. В результате обработки были получены сечения

в формате *.dxf, позволяющие сразу же построить цифровую модель объекта или посчитать объём (рис. 14).

Контрольный замер импровизированного склада был выполнен наземным лазерным сканером (рис. 15). Разность определения объёмов между двумя способами не превысила 2%.

В конечном варианте разработанная система мониторинга объёмов должна работать автоматически и дистанционно передавать данные на компьютер пользователя, где в специальной программе можно будет посмотреть сразу готовые цифры по интересующим объёмам.

Решение задачи маркшейдерского учета объёмов в крытых складах значительно упростит работу маркшейдера, повысит качество работы и оперативность, в целом

улучшит планирование технологической цепочки предприятия. Кроме того, данная разработка может быть применена и в других отраслях, например, при подсчете объёмов зерна.

Литература

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Выпуск 15/ Колл. Авт. – М.: ФГУП «Научно технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – 120 с.

2. Середович В.А. Наземное лазерное сканирование: монография / Середович В.А., Комиссаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с. – ISBN 978-5-87693-336-2.

3. Назаров А.С. Фотограмметрия. – Минск: ТетраСистемс, 2006. – 368 с.

Вальдман Вероника Валерьевна, аспирант кафедры, заместитель директора ООО «Сибирский меридиан», тел.: +7(3952) 52-68-48, E-mail: v-valdman@yandex.ru;
Гриднев Семён Олегович, канд.техн.наук, доцент кафедры, тел.: +7 (3952) 405-102, E-mail: gridnev@baigeo.ru;
Охотин Анатолий Леонтьевич, Президент Международного Союза маркшейдеров, профессор, зав.кафедрой (кафедра маркшейдерского дела и геодезии, Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Уважаемые коллеги!

Уведомляем Вас, что в связи с необходимостью актуализации контактных данных членов Союза маркшейдеров России (СМР) для повышения уровня информационного взаимодействия проводится перерегистрация членов СМР. Обновленная информация нужна для поддержания связи внутри организации, активизации деятельности региональных отделений СМР, улучшения информационной поддержки и своевременного награждения ее членов.

Среди членов СМР, прошедших перерегистрацию, будет разыграна бесплатная лотерея «Марклото».

Победители лотереи будут определены в рамках Всероссийской конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр» (г.Кисловодск, 22-27 мая 2017 года) в присутствии маркшейдерской общественности.

Под контролем авторитетной комиссии с использованием современных компьютерных систем (случайная генерация чисел) будут отобраны 12 победителей.

Призовой фонд включает:

– 2 статуэтки - «Маркшейдер с тахеометром» и «Маркшейдер с кипрегелем» - (бронза, змеевик, стоимость по 15 тыс. рублей);

– 3 комплекта трехтомника «Справочник маркшейдера» (эксклюзивное подарочное издание);

– 3 книги-альбома «Музей маркшейдерского дела» (юбилейное подарочное издание);

– 4 иконы святой великомученицы Варвары, покровительницы горняков.

Все победители получают сувенирный набор с логотипами Союза (ручка, блокнот, флэшка, календарь).

Вступившие в Союз до 15 мая 2017 года и заполнившие анкету перерегистрации также примут участие в лотерее «Марклото».

Приглашайте в наши ряды достойных представителей маркшейдерской общественности!

Получить подробную информацию о проведении лотереи «Марклото» и скачать анкету перерегистрации для заполнения можно на сайте smr@mwork.su.

Редакция «МВ»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВТОРНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены проблемные вопросы решения геодинамических и маркшейдерско-динамических задач геодезическими методами. Представлены результаты исследования воздействия годовых изменений геотемпературного режима на устойчивость глубинных, грунто-вых и скальных нивелирных пунктов опорных сетей систем наблюдений геодинамических полигонов и геотехнического мониторинга.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геотехнический мониторинг; геодинамический полигон; геотемпературное поле; земная кора; деформации; нивелирный пункт; устойчивость; погрешности повторного нивелирования.

N.V. Volkov

ASSESSMENT OF THE IMPACT GEOTHERMAL MODE ON THE RESULTS OF REPEATED LEVELING

This paper concerned with the complexity of the solution of geodynamic and mine-dynamic problems by geodetic methods. It is shown the results of the research of the influence of annual geothermal mode on the stability of different types of benchmarks, which used for monitoring of geodynamic polygons.

KEYWORDS: geotechnical monitoring; geodynamic polygon; geothermal mode; crust; deformation; benchmark; stability; releveling error.



Волков Н.В.

Пространственно-временное положение опорных нивелирных пунктов, служащих исходной высотной основой для повторного нивелирования, выполняемого в системах геодезических наблюдений геодинамических полигонов (ГДП) и геотехнического мониторинга (ГТМ) нефтегазовых месторождений, стремятся сохранить неизменным на протяжении всего периода инженерно-динамических наблюдений за сдвижением земной поверхности, геодинамическими и геокриологическими процессами, деформациями зданий и сооружений, придавая им статус начала счета деформаций и смещений.

Нивелирные пункты закрепляются в соответствии с требованиями Инструкции [1] глубинными, грунтовыми и скальными реперами в приповерхностных слоях земной коры (ПСЗК) на разных глубинах и в разных инженерно-геологических условиях.

Нивелирные пункты закрепляются в соответствии с требованиями Инструкции [1] глубинными, грунтовыми и скальными реперами в приповерхностных слоях земной коры (ПСЗК) на разных глубинах и в разных инженерно-геологических условиях.

Общеизвестно [2,3,4], что сезонные колебания температуры на земной поверхности влияют на ПСЗК, что способствует возникновению в них переменного геотемпературного поля, которое через тепловые деформации горных массивов и конструктивных элементов глубинных и грунто-вых реперов нарушает устойчивость нивелирных пунктов, вызывая сезонные вертикальные смещения ΔH_T их марок.

Допустимые требования к устойчивости опорных нивелирных пунктов можно выразить через среднеквадратическую ошибку исходных данных $m_{исх} = \Delta H_T$. Среднеквадратическая ошибка определения отметки контрольного репера или деформационной марки по результатам нивелирования, с учетом неустойчивости опорного репера равна:

$$m^2 = m_{исх}^2 + m_{нив}^2 \quad (1)$$

Принимая, что ошибкой исходных данных можно пренебречь, если она не превышает $\delta = 5\%$ от общей ошибки [5], можно записать:

$$m - m_{нив} \leq \delta \cdot m \quad (2)$$

или

$$m_{нив} \geq m(1 - \delta). \quad (3)$$

Возведя в квадрат неравенство (3) и прибавив к его левой части $m_{исх}^2$, с учетом (1), имеем

$$m^2 \geq m^2 - 2\delta m^2 + \delta^2 m^2 + m_{исх}^2$$

откуда

$$m_{исх} = \Delta H = m[\delta(2 - \delta)]^{1/2}. \quad (4)$$

Следовательно, при определении вертикальных смещений инженерных сооружений нивелированием I и II классов в составе ГТМ согласно ГОСТ 24846-2012 [6] и СП-126.13330.2012 [7], с учетом (4), можно назначить требования к устойчивости опорных нивелирных пунктов, которая должна соблюдаться на протяжении 2-х циклов повторного нивелирования, в следующих пределах:

- нивелирование I класса ($m_{зосм} = 1$ мм):

$$\Delta H \leq 1 \text{ мм} \cdot 0,31 \cdot \sqrt{2} = 0,43 \text{ мм}; \quad (5)$$

- нивелирование II класса ($m_{зосм} = 2$ мм):

$$\Delta H \leq 2 \text{ мм} \cdot 0,31 \cdot \sqrt{2} = 0,86 \text{ мм}. \quad (6)$$

Известно [4,8], что требования к устойчивости опорных нивелирных наблюдательных систем ГДП нефтегазовых месторождений определяется неравенством:

$$\Delta H \leq m_{см} \sqrt{2n} = m_{км} \sqrt{2S}, \quad (7)$$

где $m_{см}$ и $m_{км}$ – среднеквадратические ошибки нивелирования на станции и на 1 км нивелирного хода; n – число станций в нивелирном ходе протяженностью S (в километрах).

В том случае, если выполняется нивелирование I класса, предусматривающее $m_{cm} = 0,1$ мм и $m_{km} = 0,8$ мм, на линии, разбитой в соответствии с нормативными требованиями [1,9] на секции длиной 0,5 км, дестабилизация нивелирных знаков допускается при $m_{km} = 0,8$ мм, согласно (7), в пределах 0,6–0,8 мм в зависимости от инструментальной точности исполнения нивелирования.

Многообразии проявлений физических полей и порождаемых ими воздействий на геодезические и нивелирные пункты, обусловленных конкретными инженерно-геодезическими условиями, затрудняет рассмотрение в рамках настоящей статьи всех вариантов. Вместе с тем можно выделить наиболее важные, повсеместно распространенные и влияющие на устойчивость нивелирных пунктов экзогенные факторы: пространственная изменчивость строения и физико-механических свойств пород ПСЗК, сезонное изменение их температурного и гидродинамического полей, колебание атмосферного давления и приливные воздействия луны и солнца.

Учет влияния этих экзогенных факторов на устойчивость нивелирных знаков и результаты повторных геодезических наблюдений является одной из основных задач геодезии, подлежащих решению на современном этапе [10,11].

С учетом полученных требований (5), оценим влияние переменного геотемпературного поля ПСЗК на устойчивость нивелирных пунктов, закрепленных поверхностными скальными, грунтовыми и глубинными реперами.

Как хорошо известно [2], годовые колебания температуры на земной поверхности проникают в ПСЗК, изменяя их температурный режим.

Примем, что на поверхности земли амплитуда T_0 температуры изменяется по закону:

$$T(t,0) = T_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t\right), \quad (8)$$

где τ – период колебаний температуры на земной поверхности.

Тогда решение уравнения теплопроводности при этом граничном условии, в предположении независимости коэффициента температуропроводности a от глубины z на момент времени t , будет иметь следующий вид [2]:

$$T(t,z) = T_0 e^{-zK} \cdot \cos\left[\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{K\tau}{2\pi}z\right)\right], \quad (9)$$

где $K = \sqrt{\frac{\pi}{a\tau}}$ – коэффициент затухания колебаний температуры.

Амплитуда колебаний температуры уменьшается с глубиной по первому закону Фурье:

$$T_z = T_0 e^{-zK}. \quad (10)$$

При этом происходит запаздывание фазы изменения температуры согласно второму закону Фурье на величину

$$t_\phi(z) = z \sqrt{\frac{\pi}{a\tau}}. \quad (11)$$

Из уравнения (3) следует, что повсеместно в ПСЗК происходят годовые колебания температуры, амплитуда

которых с глубиной убывает, а фазы смещения пропорциональны глубинам. Так при температуропроводности $a = 0,01 \cdot 10^{-4}$ м²/сек и $2T_0 = 50$ °С на глубине 10,4 м фаза изменения температуры будет обратной, то есть зимой температура максимальная, а летом минимальная. При этом следует отметить, что затухание поверхностных годовых синусоидальных колебаний $\Delta T = 0,1$ °С в водоупорных породах произойдет на глубинах около 20 м.

Таким образом, в течение года слои пород под влиянием переменных температур будут одновременно сжиматься и расширяться с разными фазами и амплитудами на различных глубинах. Величины сжатия (расширения) слоя толщиной dz , залегающего в условиях закрытого гидротермического режима и сложенного водоупорными породами с коэффициентом теплового линейного расширения α для каждого момента времени t выразится величиной $\alpha T(t,z) dz$.

Величина сжатия (расширения) для всего ПСЗК или опускания (подъёма) земной поверхности определяется из решения уравнения:

$$\Delta H_T = \alpha \cdot \int_0^{+\infty} T(t,z) dz = \alpha \cdot T_0 \cdot \int_0^{+\infty} e^{-zK} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz. \quad (12)$$

В отсутствие каких-либо данных исследований о глубине проникновения термоупругих деформаций в породы земной коры, практика многочисленных наклономерных наблюдений [3] косвенно показывает, что эта глубина во много раз превышает мощность самого слоя сезонных переменных температур.

Для расчета величины ΔH_T с использованием уравнения (8) рассмотрим решение интеграла:

$$I = \int_0^{+\infty} e^{-zK} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz. \quad (13)$$

Дважды интегрируя I по частям

$$\begin{aligned} \int_0^{+\infty} e^{-zK} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz &= -\frac{e^{-zK}}{K} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) \Big|_0^{+\infty} - \\ - \int_0^{+\infty} e^{-zK} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz &= -\frac{e^{-zK}}{K} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) \Big|_0^{+\infty} - \\ - \left[-\frac{e^{-zK}}{K} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) \Big|_0^{+\infty} - \int_0^z -e^{-zK} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz \right] \end{aligned}$$

и упрощая с последующим применением формулы $\sin(x) - \cos(x) = \sqrt{2} \sin\left(x - \frac{\pi}{4}\right)$, получаем выражение:

$$I = \frac{\sqrt{2}e^{-zK}}{2K} \cdot \left[\sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK - \frac{\pi}{4}\right) \right]_0^{+\infty}. \quad (14)$$

Подставив в выражение крайние значения, вычислим значение интеграла:

$$I = \frac{\sqrt{2}e^{-\infty}}{2K} \cdot \left[\sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - (+\infty) \cdot K - \frac{\pi}{4}\right) \right] - \frac{\sqrt{2}}{2K} \cdot \left[\sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - \frac{\pi}{4}\right) \right].$$

Как известно, первое слагаемое обращается в 0, поэтому вернувшись к исходному уравнению (6), получаем деформации ΔH_T приповерхностных слоев:

$$\begin{aligned} \Delta H_T &= -\alpha T_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2K} \cdot \left[\sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - \frac{\pi}{4}\right) \right] = \\ &= -\alpha T_0 \sqrt{\frac{a\tau}{2\pi}} \cdot \left[\sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - \frac{\pi}{4}\right) \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

Примем следующие значения величин, характеризующие теплофизические свойства ПСЗК, сложенных глинами, гранитом и суглинками [12]:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{глина}} &= 28 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, & a_{\text{глина}} &= 26 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}, \\ \alpha_{\text{гранит}} &= 9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, & a_{\text{гранит}} &= 16 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}, \\ \alpha_{\text{суглинок}} &= 6,1 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, & a_{\text{суглинок}} &= 0,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}, \\ T_0 &= 18 \text{ } ^\circ\text{C}, & \tau &= 3,16 \cdot 10^7 \text{ сек}. \end{aligned}$$

Вычисленные по формуле (12) размахи вертикальных смещений земной поверхности (ΔH_T), основаниями которой являются ПСЗК, сложенные глиной, суглинком и гранитом:

$$\begin{aligned} \text{глина влажная: } (\Delta H_T)_{\text{год}} &= |\Delta H_T|_{\text{max}} + |\Delta H_T|_{\text{min}} = \\ &= 2 \cdot 1,8 = 3,8 \text{ мм}; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \text{суглинок сухой: } (\Delta H_T)_{\text{год}} &= |\Delta H_T|_{\text{max}} + |\Delta H_T|_{\text{min}} = \\ &= 2 \cdot 0,08 = 0,16 \text{ мм}; \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \text{гранит: } (\Delta H_T)_{\text{год}} &= |\Delta H_T|_{\text{max}} + |\Delta H_T|_{\text{min}} = \\ &= 2 \cdot 0,48 = 0,96 \text{ мм} \end{aligned} \quad (18)$$

показывают, что тепловые деформации ПСЗК имеют сложнотифференцированный характер и зависят от вида, состояния и теплофизических свойств горных пород, формирующих их.

Таким образом, температурный эффект тепловых деформаций ПСЗК на протяжении года может приводить к значимым и в некоторых случаях недопустимым для повторного нивелирования на ГДП вертикальным смещениям скальных нивелирных пунктов, закладываемых вблизи разломов через 0,5 км [1], что подтверждается сопоставлением значений (16-18) с их допустимыми значениями (5,6).

Влияние температурного эффекта тепловых деформаций ПСЗК и типа конструкции нивелирного знака, заложенного на глубину z , можно установить из решения следующего уравнения:

$$\begin{aligned} \Delta H_T &= \alpha_{\text{сталь}} \cdot \int_0^z T(t,z) dz + \alpha_{\text{земпов}} \cdot \left(\int_0^{+\infty} T(t,z) dz - \int_0^z T(t,z) dz \right) = \\ &= \alpha_{\text{сталь}} T_0 \int_0^z e^{-zK} \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz + \\ &+ \alpha_{\text{земпов}} T_0 \left[\int_0^{+\infty} e^{-zK} \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz - \int_0^z e^{-zK} \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t - zK\right) dz \right]. \end{aligned}$$

Подставив краевые значения в вычисленный интеграл (7), получим:

$$\begin{aligned} \Delta H_T &= \alpha_{\text{сталь}} T_0 \sqrt{\frac{a\tau}{2\pi}} \cdot \left[e^{-z\sqrt{\frac{\pi}{a\tau}}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - z\sqrt{\frac{\pi}{a\tau}} - \frac{\pi}{4}\right) - \right. \\ &- \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - \frac{\pi}{4}\right) \left. \right] - \alpha_{\text{земпов}} T_0 \sqrt{\frac{a\tau}{2\pi}} \cdot e^{-z\sqrt{\frac{\pi}{a\tau}}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - \right. \\ &- z\sqrt{\frac{\pi}{a\tau}} - \frac{\pi}{4}\left. \right) = T_0 \sqrt{\frac{a\tau}{2\pi}} \cdot \left[\left(\alpha_{\text{сталь}} - \alpha_{\text{земпов}} \right) e^{-z\sqrt{\frac{\pi}{a\tau}}} \cdot \right. \\ &\cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - z\sqrt{\frac{\pi}{a\tau}} - \frac{\pi}{4}\right) - \alpha_{\text{сталь}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - \frac{\pi}{4}\right) \left. \right] \end{aligned} \quad (19)$$

В табл.1 в качестве примера приведены рассчитанные по формуле (11) значения изменений на протяжении года высот марок глубинных (тип 175к) и грунтовых (тип 162) трубчатых реперов, рекомендованных Инструкцией [1] для закрепления наблюдательных сетей повторного нивелирования ГДП и ГТМ на глубинах 2, 4, 6, 15 и 20 м.

Из анализа формул (15) и (19) следует, что при постановке повторного высокоточного нивелирования на ГДП следует учитывать неоднородность инженерно-геологических условий закладки разных по конструкции нивелирных пунктов, которая через неоднородность теплофизических параметров горных пород приводит к сложнотифференцируемым дестабилизациям всех типов скальных, грунтовых и глубинных реперов, а следовательно, и к искажению результатов повторного нивелирования.

Теплофизические параметры горных пород, слагающих ПСЗК, могут различаться в зависимости от их состава (скальные, связные, рыхлые) и состояния (обводненные, влажные, сухие) [12].

Таблица 1

Расчетные значения периодических вертикальных смещений глубинных, грунтовых и скальных нивелирных пунктов, обусловленных температурным эффектом

Вид породы Значения элементов для формулы (13)	Годовые изменения высот нивелирных пунктов, мм				
	Глубина закладки нивелирных пунктов, м				
	2	4	6	15	20
Глина $a_{\text{глина}} = 26 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$ $\alpha_{\text{сталь}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ $\alpha_{\text{глина}} = 28 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	± 0,35	± 0,57	± 0,72	± 0,81	± 0,82
Суглинок $a_{\text{суглинок}} = 0,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$ $\alpha_{\text{сталь}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ $\alpha_{\text{суглинок}} = 6,1 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	± 0,14	± 0,14	± 0,14	± 0,14	± 0,15
Гранит $a_{\text{гранит}} = 16 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$ $\alpha_{\text{гранит}} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	± 0,48				

Известные значения [13,14]:

- коэффициент температуропроводности
 $a = 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек};$
- коэффициент теплового линейного расширения
 $\alpha = 10^{-6} - 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}.$

Исходя из существующей в природе неоднородности теплофизических параметров горных пород, можно сделать вывод, что резкие различия инженерно-геологических условий в местах закладки различных по конструкции нивелирных пунктов линий (профилей) ГДП приводят к их сложнодифференцированным дестабилизациям на протяжении года в пределах от 0,3 мм до 29 мм, что проявляется в искажении результатов повторного нивелирования, снижая их достоверность и репрезентативность.

Литература

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. Федеральная служба геодезии и картографии России: [ГКИНП (ГНТА)–03–010–02: введ. 1.02.2004]. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004. – 244 с.
2. Магницкий В.А. Основы физики Земли. – М.: Геодезиздат, 1953. – 289 с.
3. Баленко В.Г. Исследование наклонов земной поверхности по профилю Киев-Артёмовск. – Киев: Наукова думка, 1980. – 175 с.
4. Волков В.И. Современная постановка проблемы влияния нетектонических факторов на результаты геодезических исследований СВДЗК.

Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 1998. – №2. – С.18 – 25.

5. Коугия В.А. Избранные труды: монография / под ред. М.Я. Брыня. Спб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 448 с.
6. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. ГОСТ 24846-2012.- М.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
7. Геодезические работы в строительстве: СП 126.13330.2012. – М.: Минрегион России, 2012. – 80 с.
8. Волков В.И. Программно-целевой подход к постановке наблюдений за современными движениями земной поверхности на нефтегазовых месторождениях / В.И. Волков, Т.Н. Волкова, Ю.В. Вершинина // Маркшейдерский вестник. – 2013. – №1. – С. 45 – 48.
9. Нивелирование I и II классов (практическое руководство) / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1982. – 264 с.
10. Буланже Ю.Д. К вопросу об исследовании СВДЗК// Современные движения земной коры. – М.: Наука, 1987.– С. 6-9.
11. Кафтан В.И. Геодезические методы решения геодинамических задач (Современные движения земной коры). Итоги науки и техники. Сер. Геодезия и аэросъемка. Т.28. / В.И. Кафтан, Л.И. Серебрякова. – М.: ВИНТИ АН СССР, 1990. – 150 с.
12. Фролов Н.М. Геотермические методы исследований в гидрогеологии – М.: Недра, 1979. – 279 с.
13. Бабичев А.П. Физические величины. Справочник/ А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.Н. Братковский. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
14. Ржевский В.В. Основы физики горных пород / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. –М.: Недра, 1984. – 396 с.

Никита Викторович Волков, научный сотрудник
ООО «Научно-производственное объединение
«Энергогазизыскания», тел.: +7(812) 342-86-65,
Email: Volkov.nikita@yahoo.com

Уважаемые коллеги!

Санкт-Петербургский Горный университет приглашает Вас и Ваших коллег принять участие в работе VIII Международной научно-практической конференции «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: Геомеханическое обеспечение проектирования и сопровождения горных работ», которая будет проводиться 15–17 мая 2017 года, г. Санкт-Петербург, 21 линия, д. 2.

Цели конференции: обмен опытом создания и применения геомеханического обеспечения при проектировании и научном сопровождении горных работ на разных стадиях отработки месторождений и разработка комплекса (плана) мероприятий для реорганизации российского сообщества геомехаников и проведения международной конференции ISRM в Санкт-Петербурге в 2018 году.

Основные направления работы конференции: физико-механические свойства трещиноватых горных пород; исследование свойств пород в лабораторных и полевых условиях; геомеханика и геодинамика массивов при разработке месторождений полезных ископаемых; мониторинг геодинамического состояния горного массива; инструментальные и программные средства обеспечения мониторинга; создание геомеханических моделей месторождения для целей проектирования и сопровождения горных работ и др.

Организационный взнос за участие в конференции составляет 7500 руб.

С тематикой конференции, контрольными сроками и порядком оформления участия в конференции можно ознакомиться на сайте www.spmi.ru или по тел.+7 909-588-31-47, E-mail: VANoskov87@yandex.ru (копия: post@spmi.ru) - Носков Владимир Александрович.

Редакция «МВ»

ПАРАМЕТРЫ ОБЛАСТИ ПОНИЖЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В НАДРАБАТЫВАЕМОМ ГОРНОМ МАССИВЕ

На основе анализа результатов натуральных инструментальных наблюдений получена новая зависимость величины относительного максимального поднятия горных пород почвы очистной выработки и установлена глубина распространения зоны разгрузки под разрабатываемым угольным пластом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: надработка горного массива; область пониженных напряжений; параметры; инструментальные наблюдения; анализ.

S.B.Kulibaba, B.V. Khokhlov, M.D. Rozhko

PARAMETERS OF THE UNLOADING ZONES UNDER THE WORKING SEAM

Based on the analysis of the results of field instrumental observations obtained new dependence of the relative maximum upheaval of rocks in the sole of production and the depth distribution of the unloading zones under the working coal seam.

KEYWORDS: coal seam; region of low stress; upheaval of rocks; parameters; instrumental observations; analysis



Кулибаба С. Б.

Хохлов Б.В.

Рожко М.Д.

Пространственно-временные характеристики геомеханических процессов вокруг очистной выработки при подземной разработке пластовых месторождений принято описывать с помощью моделей, называемых геомеханическими схемами: всю область горного массива, участвующего в этих процессах, условно делят на ряд зон сдвига, отличающихся друг от друга характером или степенью деформирования горных пород [1–3]. За весь период исследований процесса сдвига некоторые из этих зон были изучены достаточно детально, поскольку в области их влияния находилось большинство охраняемых объектов – основные подземные горные выработки, обслуживающие процесс очистной выемки, здания, сооружения и природные объекты на подрабатываемых территориях. В то же время, характер сдвига некоторых участков деформирующихся горных пород на сегодняшний день исследован недостаточно.

К одному из таких участков относится область массива, расположенная в почве разрабатываемого угольного пласта непосредственно под выработанным участком (зона 4 на рис. 1). В пределах этой зоны преобладают деформации растяжения горных пород по нормали к напластованию,

вызванные их упругим восстановлением после выемки угольного пласта и смещением в сторону выработанного пространства [4, 5]. Эту зону еще называют зоной разгрузки, поскольку напряжения, действующие в ее пределах по нормали к напластованию, меньше соответствующих напряжений в нетронутом массиве.

И если в подработанном горном массиве (на земной поверхности, в подрабатываемых горных выработках) исследователями проведено довольно большое количество инструментальных наблюдений, позволяющих с достаточной надежностью прогнозировать пространственно-временное перемещение горных пород, то натурные исследования в надработанном участке толщи горных пород единичны. Между тем знания о параметрах этой зоны крайне необходимы для решения целого ряда задач горного производст-

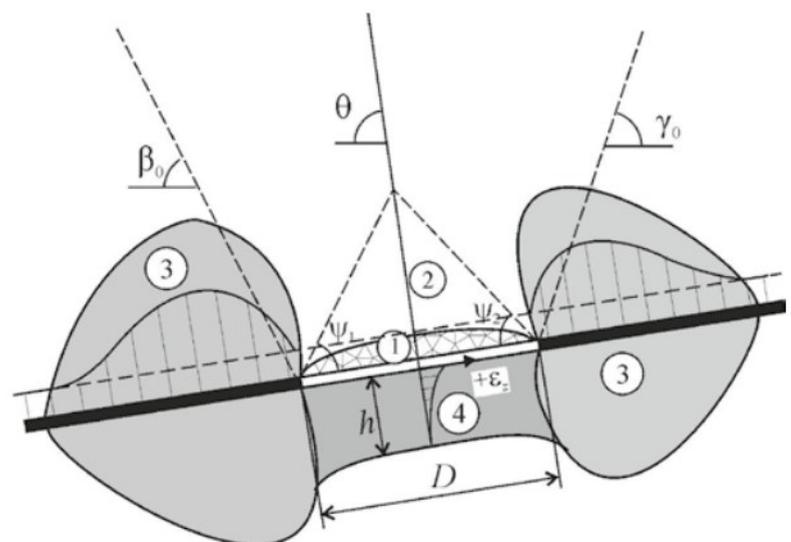


Рис. 1. Схема локализации основных зон сдвига массива вблизи очистной выработки пласта:

1 – зона беспорядочного обрушения; 2 – зона полных сдвижений; 3 – зоны опорного давления; 4 – зона разгрузки

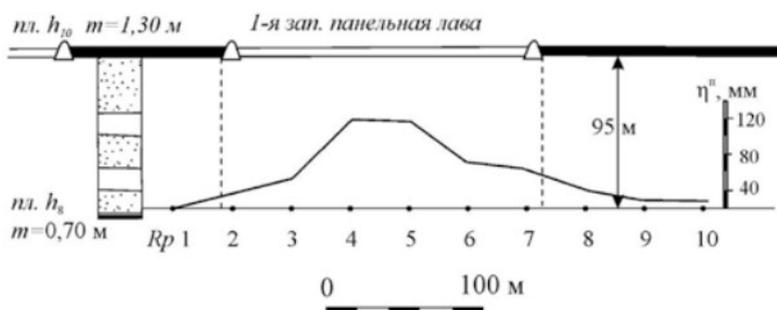


Рис. 2. Поднятие пород в восточном полевом вентиляционном штреке пласта h_8 при надработке его 1-й западной панельной лавой пласта h_{10} на шахте им. газеты «Социалистический Донбасс»

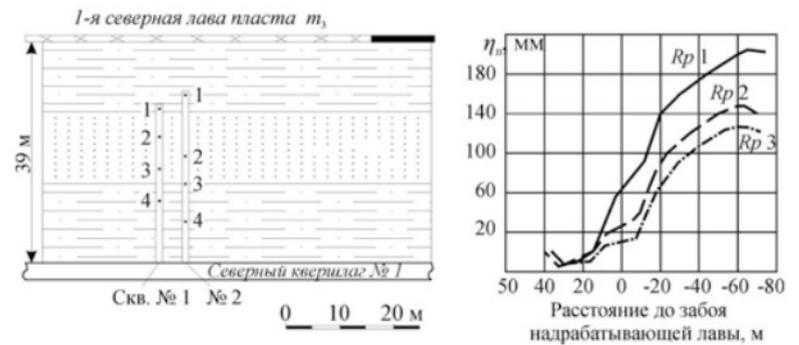


Рис. 3. Наблюдательная станция на шахте «Чайкино»:
а – расположение скважин с глубинными реперами в надрабатываемом горном массиве; б – графики поднятий вертикальных смещений пород по оси скважины № 1

ва – достоверный прогноз размеров этой зоны и величин деформаций горных пород в ее пределах позволяет грамотно проектировать параметры защиты попадающих в нее горных выработок, определять зону защитного действия пластов для предотвращения газодинамических явлений и др.

Ниже приведены некоторые результаты инструментальных натуральных наблюдений, проводимых в различные периоды на ряде шахт Донецко-Снежнянского района Донбасса. Эксперименты проводились в надрабатываемых горных выработках, а также в оборудованных глубинными реперами специальных скважинах, пробуренных из этих выработок в породы надрабатываемого массива. По результатам измерений определялись фактические вертикальные перемещения реперов наблюдательных станций в пределах исследуемого участка массива горных пород. Так, на рисунках 2–3 показаны вертикальные разрезы породной толщи в местах расположения наблюдательных станций на шахтах им. газеты «Социалистический Донбасс» ПО «Донецкуголь» и «Чайкино» ПО «Макеевуголь», а также графики поднятий $\eta^п$ реперов вследствие надработки.

После извлечения полезного ископаемого в горном массиве образуется пустота, которую пытаются заполнить породы, окружающие выработанное пространство, причем в кровле и почве отработываемого пласта этот процесс протекает в различных формах и с разной интенсивностью. Над выработанным пространством сдвигение пород кровли происходит в виде опускания, которое носит характер беспорядочного обрушения непосредственно у отработанной части пласта и которое с удалением вверх от разрабатываемого пласта к земной поверхности постепенно переходит в относительно плавные изгибы зависающих породных слоев. Причинами сдвигения горного массива кровли пласта является суммарное воздействие гравитационных сил и упругого восстановления пород при разгрузке массива.

Сдвигение пород почвы происходит в виде поднятия – перемещения их в выработанное пространство по нормали к напластованию в направлении, противоположном опусканию пород кровли. Основной причиной поднятия пород почвы является их упругое восстановление, поскольку в этом случае отсутствует процесс свободного обрушения пород в выработанное пространство, происходящий со стороны кровли. Поэтому процесс поднятия пород по сравнению с опусканием происходит менее интенсивно и более равно-

мерно, с выгибом слоев в сторону образовавшейся пустоты. Величины перемещений пород при поднятии и размер зоны их распространения в массиве значительно меньше аналогичных параметров сдвигения пород кровли, поскольку в данном случае развитию этого процесса препятствуют направленная в противоположную ему сторону сила гравитации, а также дополнительная пригрузка – вес обрушенных пород кровли пласта.

Исходя из этого, можно заключить, что величина максимального поднятия пород почвы является интегральным показателем напряженно-деформированного состояния надрабатываемого массива, поскольку представляет собой результат суммирования деформаций растяжения по нормали к напластованию всей области затронутых надработкой горных пород.

Известно, что на величину поднятия $\eta^п$ горных пород в почве очистной выработки влияет целый ряд основных геологических и горнотехнических факторов, характеризующих условия, в которых осуществляется отработка пласта [4]. Ранее нами были проанализированы некоторые из них [6]. Для более детального анализа нами были использованы результаты описанных выше экспериментальных исследований, проводимых в следующих условиях: средняя глубина разработки 320–870 м; вынимаемая мощность 0,8–1,6 м; угол падения – до 15°; высота надработки 3–175 м, минимальные размеры выработанного пространства (длина лавы) 150–410 м, марки углей Д, Г, Ж, К, А.

На графиках (рис.4, а – д) показан характер изменения величины максимального поднятия горных пород $\eta_{max}^п$ в зависимости от отдельно взятых факторов: глубины отработки H , размера очистной выработки D , прочности горных пород F , угла падения α и относительного удаления расчетной точки массива от разрабатываемого пласта в породы почвы h , выраженное в долях от вынимаемой мощности m . Из графиков можно видеть, что увеличение значений первых двух параметров (H и D) вызывает возрастание величины поднятия, а трех остальных (F , α и h/m) – уменьшение.

Статистический анализ экспериментальных данных позволил установить зависимость величины максимального поднятия горных пород $\eta_{max}^п$, мм, от комплексного влияния указанных факторов:

$$\eta_{max}^п = a_0 e^{(a_1 \frac{h}{m})} \left(\frac{H}{F}\right)^{a_2} (D + a_3)^{a_4} \cos \alpha, \quad (1)$$

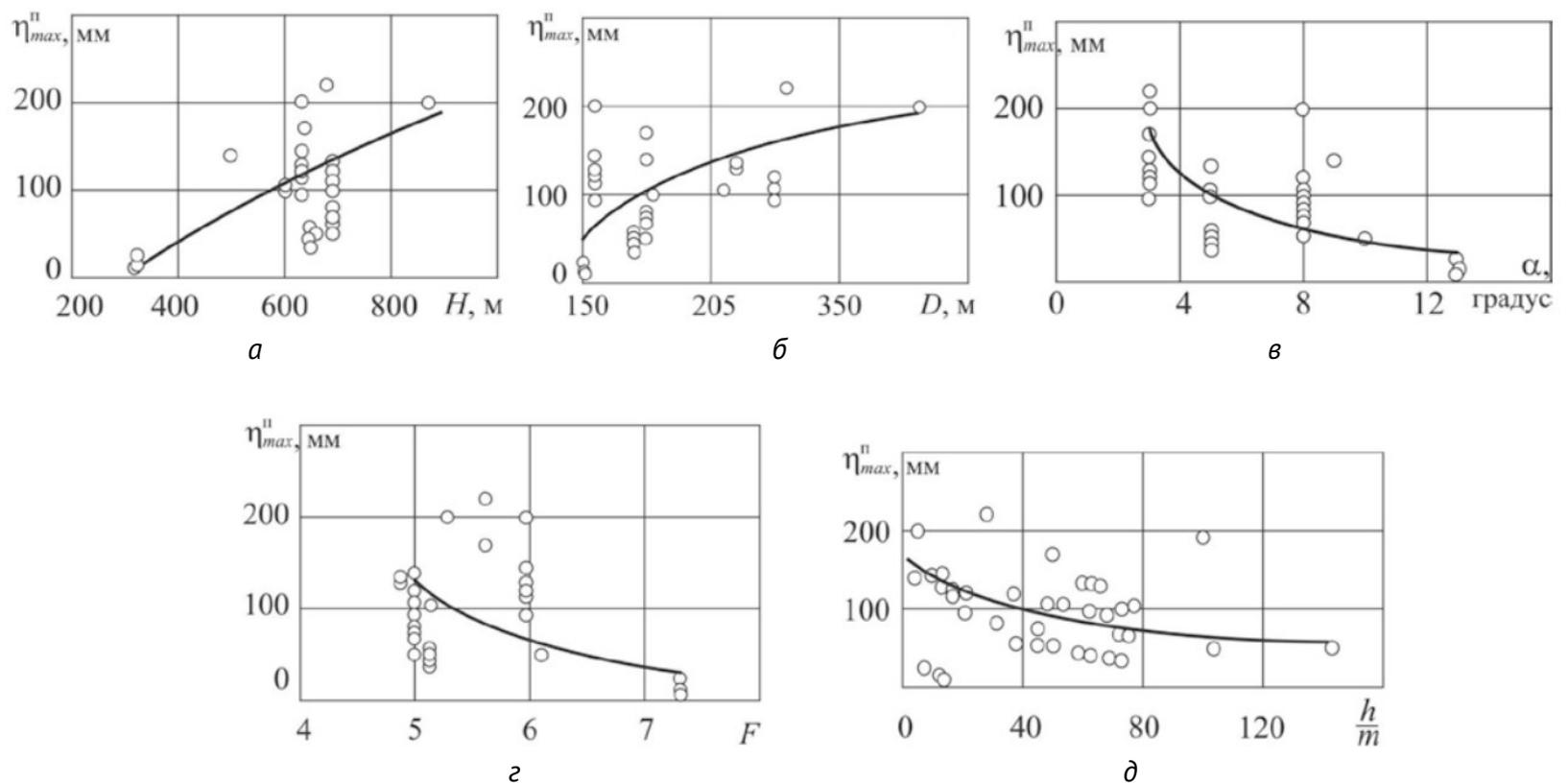


Рис.4. Графики изменения величины максимального поднятия горных пород η_{max}^n в зависимости от различных факторов

где a_0, a_1, a_2, a_3 и a_4 – эмпирические коэффициенты, равные соответственно 55,7 мм; -0,009; 0,13; -150 м и 0,12 для рассматриваемых условий; D – минимальный (из двух) размер выработанного пространства разрабатываемого пласта, м ($150 < D < 400$); F – показатель прочности массива горных пород на участке надработки – средневзвешенное по мощности слоев значение коэффициента крепости по шкале Протоdjяконова; m – вынимаемая (эффективная) мощность пласта, м; H – средняя глубина отработки пласта на рассматриваемом участке, м; h – высота надработки – расстояние между почвой надрабатывающего пласта и надрабатываемой расчетной точкой массива, измеренное по вертикали, м; α – угол падения пласта, градус.

Обратим внимание на то, что отношение $\frac{\eta_{max}^n}{m \cos \alpha}$, мм/м,

является ни чем иным, как относительным максимальным поднятием горных пород почвы очистной выработки по нормали к напластованию. Тогда формула (1) может быть записана в следующем виде:

$$\nu_{max} = \frac{\eta_{max}^n}{m \cos \alpha} = a_0 e^{(a_1 \frac{h}{m})} \left(\frac{H}{F}\right)^{a_2} \cdot \frac{(D + a_3)^{a_4}}{m} \quad (2)$$

Анализ полученной зависимости показывает, что в рассматриваемых условиях относительное поднятие пород почвы очистной выработки может достигать 15–20% вынимаемой мощности пласта при средних относительных нормальных деформациях растяжения $(2,0 - 2,5) \cdot 10^{-3}$ и более. Наибольшие поднятия надработанных горных пород наблюдаются непосредственно на почве отработываемого пласта, а с удалением от выработанного пространства в надработанную толщу величины поднятий и относительных деформаций пород уменьшаются по экспоненциальному за-

кону. При этом в различных условиях размер зоны разгрузки под разрабатываемым пластом до нижней ее границы, определяемой точностью инструментальных наблюдений, может достигать 150–180 м и более.

Литература

1. Сдвигание горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / Акимов А.Г., Земисев В.Н., Кацнельсон Н.Н., Коротков М.В., Костенич В.С., Медянцеv А.Н., Мурашев А.Н., Петухов И.А. – М.: Недра, 1970. – 224 с.
2. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок / Г.Л. Фисенко. – М.: Недра, 1976. – 272 с.
3. Сдвигание и разрушение горных пород / С.Д. Викторov, М.А. Иофис, С.А. Гончаров; [Отв. Редактор К.Н. Трубецкой]. – М.: Наука, 2005. – 277 с.
4. Петухов И.М. Теория защитных пластов / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров, И.А. Фельдман. – М.: Недра, 1976. – 224 с.
5. Куклин Б.К. Совершенствование разработки угольных пластов на глубоких горизонтах / Б.К. Куклин, А.Г. Лепихов, В.М. Кулешов и др. – Киев: Техника, 1989. – 184 с.
6. Кулибаба С.Б., Хохлов Б.В., Рожко М.Д. О зоне разгрузки породного массива под выработанным участком угольного пласта в Донбассе // В сб. Проблемы и перспективы комплексного освоения недр. Материалы 2-й Международной научной школы академика К.Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН. – 2016. – С. 84-87.

Кулибаба Сергей Борисович, *вед.научн.сотр. ИПКОН РАН, д-р техн.наук, проф., тел. раб. +7 (495) 360-49-04.*
E-mail: ksb52@mail.ru;

Хохлов Борис Валентинович, *зав. отделом горного давления РАНИМИ МОН ДНР, канд.техн.наук, ст.научн.сотр.,*
E-mail: hbv@bk.ru;

Рожко Марина Дмитриевна, *канд.техн.наук, ст.научн.сотр. отдела горного давления РАНИМИ МОН ДНР,*
E-mail: mdr6464@mail.ru

ОЦЕНКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ БОРТОВ КАРЬЕРА «ЖЕЛЕЗНЫЙ» КОВДОРСКОГО ГОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ

Рассмотрены возможности применения материалов спутниковой радиолокационной съемки для мониторинга устойчивости бортов карьера «Железный» Ковдорского ГОКа. Для обработки по методу интерферометрии постоянных отражателей использованы 44 радарных кадра Sentinel-1A, полученные с восходящих и нисходящих пролетов спутника. Совмещение результатов обработки двух наборов данных позволило оценить направление и величину горизонтальных смещений устойчивых отражающих объектов. Построенная карта скоростей смещений коррелирует с данными циклических светодальномерных измерений на геодезическом полигоне карьера «Железный».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: спутниковые наблюдения; радарная интерферометрия; Sentinel-1A; светодальномерные измерения; геодезический полигон; карьер «Железный»; Ковдорский ГОК.

A.V. Filatov, A.I. Kalashnik, D.A. Maksimov

HORIZONTAL DISPLACEMENTS ESTIMATION OF “ZHELEZNYI” OPEN-PIT WALLS OF KOVDORSKIY GOK USING SATELLITE RADAR ACQUISITIONS

The given paper describes potentialities (м/б opportunities) of satellite radar acquisitions application for monitoring of Kovdorskiy GOK “Zhelezniy” open-pit walls stability. 44 Sentinel-1A radar frames acquired from ascending and descending satellite passes were processed using persistent scatterers interferometry method. The combination of processing results of both data sets made it possible to estimate the direction and amplitude of stable reflectors horizontal displacements. Resulting displacement velocities map correlates with data of periodic optical range measurements on “Zhelezniy” open-pit geodetic polygon.

KEYWORDS: satellite observations, radar interferometry, Sentinel-1A, optical range measurements, geodetic polygon, “Zhelezniy” open-pit, Kovdorskiy GOK.



Филатова А. В.

Калашник А. И.

Максимов Д.А.

Введение

В западном секторе Российской Арктики сосредоточено значительное число крупных горнодобывающих предприятий, которые, наряду с их большой социально-экономической значимостью, оказывают существенное влияние на окружающую природную среду. На Кольском полуострове и в шельфовой зоне Баренцева и Белого морей происходят опасные геомеханические процессы и природно-техногенные землетрясения магнитудой свыше 4, которые могут привести к катастрофическим разрушениям, как подземных горных выработок, так и наземных сооружений и коммуникаций [1,2]. Наблюдаются современные движения земной

коры, которые, в свою очередь, осложняют ведение работ и снижают промышленную и экологическую безопасность [3].

За последние годы для отработки метода определения подвижек земной поверхности на основе интерферометрии постоянных отражателей PSI (Persistent Scatterers Interferometry) доступны для обработки и накоплены архивы спутниковых радарных съемок с различным периодом повторного прохода. Область применения данных интерферометрических наблюдений распространяется на сферы хозяйственной деятельности, осуществляемые на больших площадных или протяженных линейных объектах, например, строительных площадках, объектах горнорудного, нефтегазового и энергетического комплекса, сооружениях транспорта.

Авторами накоплен богатый опыт проведения геодинамического мониторинга на нефтегазовых месторождениях Западной Сибири на основе интерферометрической обработки спутниковых радиолокационных данных X, C, L диапазонов длин волн [4, 5].

В данной работе ставится задача оценить направление и величину смещений бортов карьера «Железный» Ковдорского горно-обогатительного комбината с использованием данных спутниковой радиолокационной съемки, а также с учетом данных геомониторинга наземными и спутниковыми геодезическими методами.

Описание метода интерферометрии постоянных отражателей

Интерферометрическая обработка радиолокационных космоснимков является эффективным методом, позволяющим получать площадные оценки вертикальных и плановых смещений земной поверхности. Преимуществом радиолокаторов с синтезированной апертурой антенны (РСА) перед оптическими сенсорами является способность получать изображение земной поверхности независимо от условий освещенности и облачности, что особенно актуально для северных широт. Метод спутниковой радиолокационной интерферометрии использует эффект интерференции электромагнитных волн и основан на математической обработке нескольких когерентных амплитудно-фазовых измерений одного и того же участка земной поверхности со сдвигом в пространстве приемной антенны РСА. Преимущество интерферометрического метода перед обработкой стереоснимков заключается в более высокой точности получаемых результатов, достигаемой за счет использования фазовой компоненты отраженного поверхностью радиосигнала.

Временная и пространственная декорреляция и атмосферные неоднородности не позволяют классической радарной интерферометрии стать эффективным инструментом для мониторинга деформаций земной поверхности в течение длительного интервала (от 3 лет). Временная декорреляция делает невозможным интерферометрические измерения для областей с густой растительностью и в местах, где электромагнитные свойства и/или положение элементарных отражателей внутри элемента разрешения изменяются во времени. Геометрическая декорреляция ограничивает количество интерферометрических пар, которые возможно использовать в обработке. Атмосферные неоднородности создают фазовый сдвиг, который накладывается на каждое радиолокационное изображение и ухудшает точность оценки смещений. Кроме того, атмосферный фазовый сдвиг (АФС) порождает медленное изменение фазы в пределах кадра в зависимости от распределения водяного пара и не может быть оценен и исключен на основе карты когерентности.

Метод интерферометрии постоянных точечных отражателей (Persistent Scatterer Interferometry - PSI) разработан в 1999 г. в Политехническом Университете Милана и достаточно хорошо описан в литературе. Преимущества метода основаны на особенных свойствах точечных объектов, которые сохраняют высокий уровень обратного отражения радиолокационного сигнала в течение множества последовательных съемок [6, 7]. Зачастую размер такого отражающего объекта меньше элемента разрешения, поэтому когерентность достаточно высока (>0.5) даже для пар кадров с базовой линией больше критической. При условии оценки и удаления АФС высоты таких точек над опорной поверхностью могут быть рассчитаны с точностью лучше 1 м, а смещения - лучше 1 см.

Для мониторинга объектов горнодобывающей деятельности, расположенных в западной секторе Российской Арктики, использован метод интерферометрической обработки постоянных отражателей, описанный в работе [6, 7] и реализованный в программном обеспечении ENVI\SARscape. Данный метод предусматривает алгоритмы составления интерферометрических пар кадров, выбора постоянных отражателей и расчета смещений и высот.

Выбор основной сцены, относительно которой рассчитываются интерферограммы, основан на минимизации влияния факторов, снижающих когерентность интерферограммы:

$$\gamma_m = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^K g(B_{k,m}, B_{cr}) \times g(T_{k,m}, T_{cr}) \times g(fdc_{k,m}, fdc_{cr}), \quad (1)$$

$$g(x, c) = \begin{cases} 1 - |x|/c & \text{при } |x| < c, \\ 0 & \text{при } |x| \geq c \end{cases}$$

$B_{k,m}, T_{k,m}, fdc_{k,m}$ – перпендикулярная пространственная база, временная база и разница доплеровских центроидов для каждой пары кадров, B_{cr}, T_{cr}, fdc_{cr} – критические значения данных параметров.

Постоянным отражателем считается объект, который дает высокий и стабильный уровень обратного отражения (амплитуда пиксела), тогда фаза сигнала, принятого от такого объекта, имеет низкую дисперсию. Для выбора на радиолокационных кадрах точек, соответствующих отражению сигнала от стабильных отражающих объектов, используется формула индекса дисперсии:

$$\sigma_v \approx \frac{\sigma_A}{m_A} \equiv D_A, \quad (2)$$

где σ_v – дисперсия фазы; σ_A – дисперсия амплитуды; m_A – среднее значение амплитуды; D_A – индекс дисперсии.

Рассмотрим составляющие интерферометрической фазы при обработке двух разновременных радиолокационных изображений:

$$\begin{aligned} \phi_k(\vec{x}) &= \phi_{rk}(\vec{x}) + \phi_{\mu k}(\vec{x}) + \phi_{\sigma k}(\vec{x}) + \phi_{\sigma k}(\vec{x}) = \\ &= \phi_{qk}(\vec{x}) + \phi_{sk}(\vec{x}) + \phi_{\mu k}(\vec{x}) + \phi_{\sigma k}(\vec{x}) + \phi_{\sigma k}(\vec{x}), \end{aligned} \quad (3)$$

где каждая компонента представляется формулой:

$$\begin{aligned} \phi_{rk}(\vec{x}) &= \frac{4\pi}{\lambda} \Delta r_k(\vec{x}) \\ \phi_{\mu k}(\vec{x}) &= \frac{4\pi}{\lambda} \Delta \mu_k(\vec{x}) \\ \phi_{\sigma k}(\vec{x}) &= \frac{4\pi}{\lambda} (a_k(\vec{x}) - a_m(\vec{x})) \\ \phi_{\sigma k}(\vec{x}) &= \frac{4\pi}{\lambda} (\sigma_k(\vec{x}) - \sigma_m(\vec{x})), \\ \phi_{qk}(\vec{x}) &= \frac{4\pi}{\lambda R} B_k(\vec{x}) \frac{q(\vec{x})}{\sin \alpha} \\ \phi_{sk}(\vec{x}) &= \frac{4\pi}{\lambda R} B_k(\vec{x}) \frac{\eta}{\tan \alpha} \end{aligned} \quad (4)$$

где $\vec{x} = \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \end{bmatrix}$ – координаты пиксела (ξ – азимут, η – наклонная

дальность); ϕ_{rk} – фазовая компонента (ФК) за счет разности расстояний, проходимых сигналом при разновременной съемке; $\phi_{\mu k}$ – ФК за счет смещения объекта; $\phi_{\sigma k}$ – ФК за счет различия атмосферных условий; $\phi_{\sigma k}$ – разница фазы переотражения; ϕ_{qk} – ФК, зависящая от высоты объекта над опорной поверхностью; ϕ_{sk} – ФК, зависящая от наклонной дальности объекта; Δr_k – разность расстояний до объекта, при разновременной съемке; $\Delta \mu_k$ – смещение объекта в направлении линии визирования за время между съемками; a_m, a_k – изменение дистанции сигнала вследствие влияния атмосферы при исходной (master) и повторной (slave) съемках, соответственно; σ_m, σ_k – фаза пе-

реотражения master и slave, соответственно; λ – длина волны зондирующего сигнала; R – расстояние между антенной радара и объектом при master-съемке; B_k – перпендикулярная проекция базовой линии (расстояния между положениями радара); q – высота; η – наклонная дальность; α – угол обзора.

Используемые радиолокационные данные

3 апреля 2014 года успешно запущен Sentinel-1A, С-диапазон, длина волны 5.6 см, период повторной съемки след-в-след – 12 суток. Европейское космическое агентство ESA предоставляет свободный доступ к радарным данным Sentinel-1A с октября 2014 г. На спутнике впервые применена новая технология сканирования TOPSAR – Terrain Observation with Progressive ScanSAR. Съемка выполняется в интересах научных и прикладных задач Евросоюза. При этом приграничные с Евросоюзом территории России снимаются с максимальным разрешением, и кадры восстанавливаются до уровня SLC (Single Look Complex), необходимого для проведения интерферометрической обработки.

Из геометрии радиолокационной интерферометрической съемки следует, что смещения, получаемые в результате обработки разновременных кадров, являются проекцией истинных смещений на направление линии обзора (LOS – Line-Of-Sight). В связи с этим для оценки направления и величины истинных смещений выполняется съемка земной поверхности с двух сторон при восходящем (с юга на север) и нисходящем (с севера на юг) пролетах радиолокационного спутника.

Из всего архива радарных данных Sentinel-1A выбраны по 22 сцены для восходящих и нисходящих пролетов. Используются только радиолокационные съемки в бесснежный период, так как для зондирующего сигнала С-диапазона (5.6 см) снег оказывает маскирующее влияние и соотношение сигнал/шум оказывается низким. Использовано по 12 съемок за период май-сентябрь 2015 г. и по 10 съемок за период май-сентябрь 2016 г. При этом последовательная съемка с нисходящей орбиты выполнялась через 3 суток после восходящей (рис.1). Из покрытия всего радиолокационного кадра выбрана область, соответствующая промплощадке Ковдорского ГОК. На рис.2 приведены границы областей, съемка с восходящих орбит отмечена синим, с нисходящих – красным, SAT указывает направление движение спутника, LOS – направление обзора. Для восходящей орбиты угол направления обзора в горизонтальной плоскости от севера (AZ_{LOS}^{ASC}) составляет 83° , в вертикальной от надира (INC_{LOS}^{ASC}) 38° , для нисходящей $AZ_{LOS}^{DES} = 279^\circ$, $INC_{LOS}^{DES} = 38^\circ$.

На рис. 3 приведены радиолокационные изображения (РЛИ) промплощадки Ковдорского ГОК для двух направлений



Рис. 2. Покрытие промплощадки Ковдорского ГОК радиолокационными кадрами Sentinel-1A, полученными с восходящих (синий) и нисходящих (красный) пролетов

движения Sentinel-1A. Поверхности, на которые радиолокационный сигнал приходит под более острым углом, выглядят светлее, так как от них в обратном направлении отражается большее количество энергии и наоборот.

На рис. 4 приведен профиль высот карьера «Железный», построенный на основе доступной цифровой модели рельефа ASTER Global DEMV2 [8]. Синим отмечена линия обзора радиолокатора, зеленым – профиль электромагнитной волны, расстояние между зелеными линиями определяется периодом дискретизации принимаемого сигнала по дальности (7,8 нс) и задает размер пиксела и разрешение по дальности (slant range resolution) РЛИ, которое составляет 2,3 м. Из рис.4 видно, что поверхности, на которые радиолокационный сигнал приходит под более тупым углом, отображаются на РЛИ с более высоким наземным разрешением (ground resolution) и выглядят вытянутыми. Для противоположных бортов карьера, наоборот, наземное разрешение ниже.

Результаты обработки данных многопроходной съемки Sentinel-1A

В соответствии с методом интерферометрии постоянных отражателей обработка каждого набора из 22 кадров выполнялась отдельно. Для восходящих пролетов основной сценой выбрана съемка 29.06.2015, для нисходящих – 14.07.2015. Для каждого набора кадров рассчитана 21 дифференциальная интерферограмма, выбраны точки, соответствующие стабильным

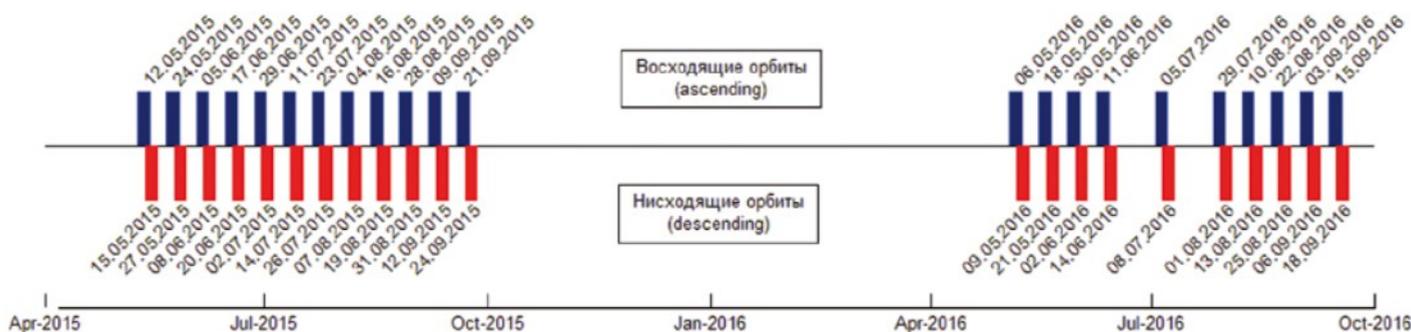


Рис.1. Распределение радиолокационных съемок Sentinel-1A с восходящих и нисходящих орбит на временной шкале

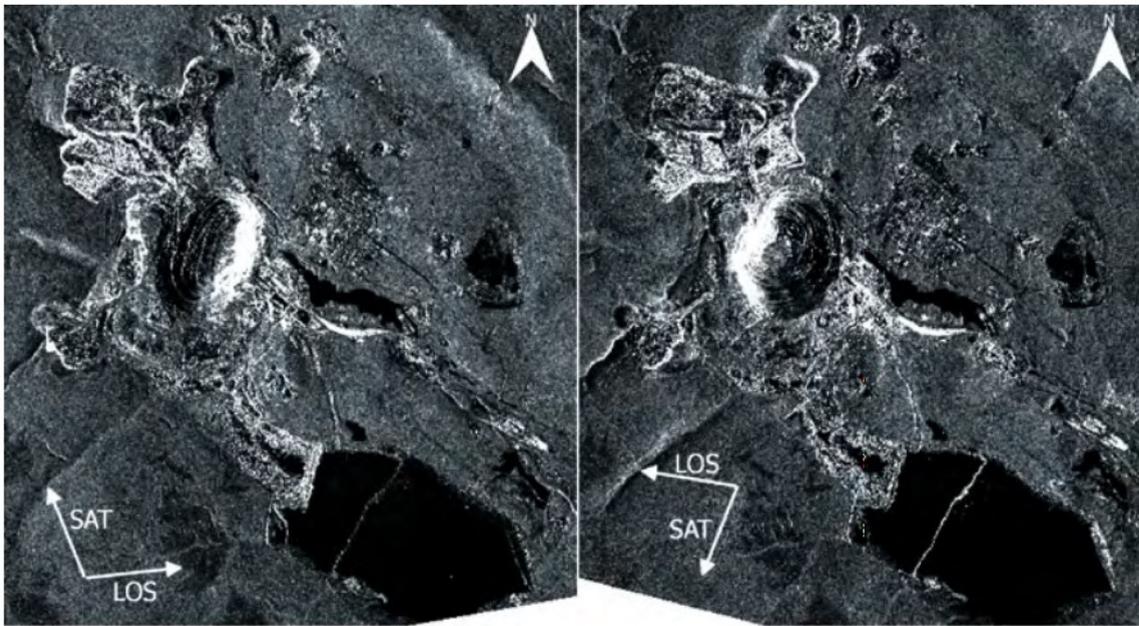


Рис. 3. Амплитудные РЛИ для восходящей (а) и нисходящей (б) орбиты

а

б

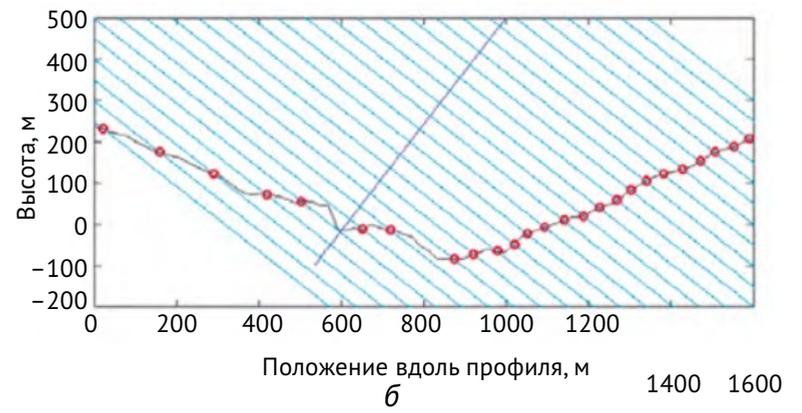
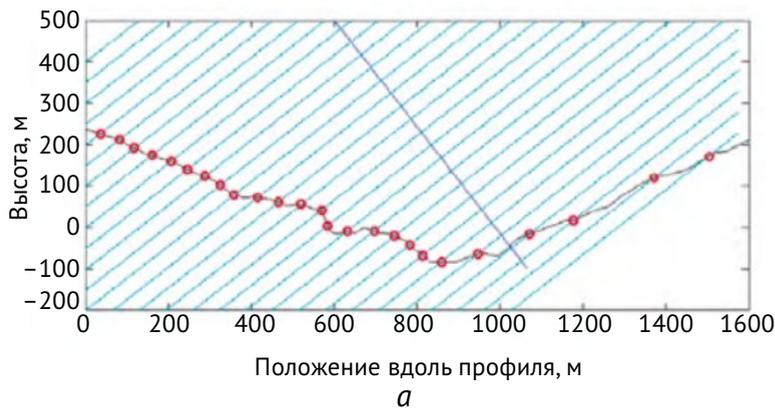


Рис.4. Формирование РЛИ карьера «Железный» по дальности для восходящей (а) и нисходящей (б) орбиты

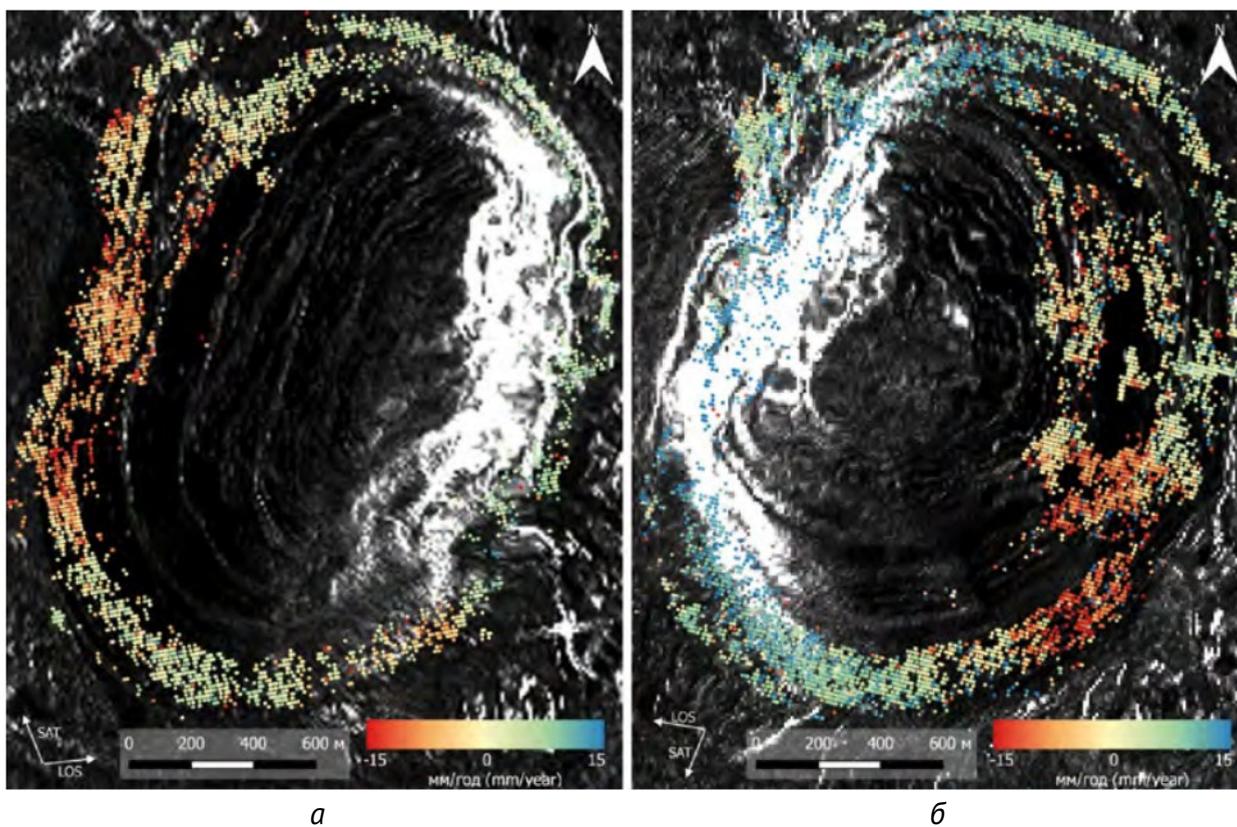


Рис.5. Скорости смещений постоянных интерферометрических отражателей на территории карьера «Железный» в направлении наклонной дальности (LOS) для восходящей (а) и нисходящей (б) орбит

отражающим объектам, для которых оценены скорости смещений в направлении линии обзора радиолокатора (рис. 5).

Отрицательные величины (рис. 5) соответствуют смещениям точек в сторону от радиолокатора, то есть по направлению LOS, и наоборот. На рис. 5 отрицательные смещения отмечаются на той стенке карьера, вдоль которой распространяется радиолокационный сигнал: на западной для восходящих пролетов (рис. 5а) и на восточной для нисходящих (рис. 5б). На основе этого можно сделать предположение, что основным направлением смещений является направление к центру карьера.

Оценка направления и величины истинных смещений

Для каждой точки (постоянного отражателя), представленной на рис. 5, известны единичный вектор направления на радиолокатор и скалярное значение среднегодовой скорости смещений. Обозначим вектора направления на радиолокатор как $\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$ для восходящего пролета и $\vec{d} = (d_x, d_y, d_z)$ для нисходящего пролета. В точке на земной поверхности ось x направлена на восток, ось y – на север, ось z – вверх. Скорости смещений, рассчитанные по методу интерферометрии постоянных отражателей и приведенные на рис. 5, обозначим как v_a для восходящего пролета (рис. 5а) и для нисходящего (рис. 5б). Тогда смещения, найденные по интерферометрии, можно записать через скалярное произведение векторов:

$$\begin{cases} \vec{a} \cdot \vec{x} = v_a \\ \vec{d} \cdot \vec{x} = v_d \end{cases} \quad (5)$$

$$\|\vec{a}\| = 1, \|\vec{d}\| = 1,$$

где \vec{x} – искомый вектор истинных смещений.

Системы из двух уравнений недостаточно для расчета трех компонент искомого вектора, необходимо добавить третье условие. Учитывая геометрию карьера, можно предположить, что смещения происходят вдоль склона по направлению к центру карьера, то есть имеют оползневый характер. Тогда вектор смещений \vec{x} должен быть перпендикулярен вектору нормали к земной поверхности в данной точке:

$$\begin{cases} \vec{x} \times \vec{n} = 0, \\ \|\vec{n}\| = 1, \end{cases} \quad (6)$$

где \vec{n} – вектор нормали, определяемый на основе доступной цифровой модели рельефа ASTER Global DEM V2.

Объединяя (5) и (6) и решая полученную систему уравнений для каждой точки, можно определить истинные смещения. Из результирующего набора выбраны точки, вертикальная компонента z которых отрицательна и скорость не менее 5 мм/год. Направления и скорости горизонтальных смещений приведены на рис. 6.

Для анализа достоверности данных, полученных в результате интерферометрической обработки спутниковых данных, можно использовать данные, полученные по результатам светодальномерных и GNSS наблюдений на полигоне карьера «Железный». Схема расположения пунктов полигона относительно карьера, а так же схема светодальномерных наблюдений, представлены на рис. 7 [9].

Данные светодальномерных измерений могут быть использованы в качестве эталонных при анализе данных спутниковой съемки, как данные, получаемые в результате

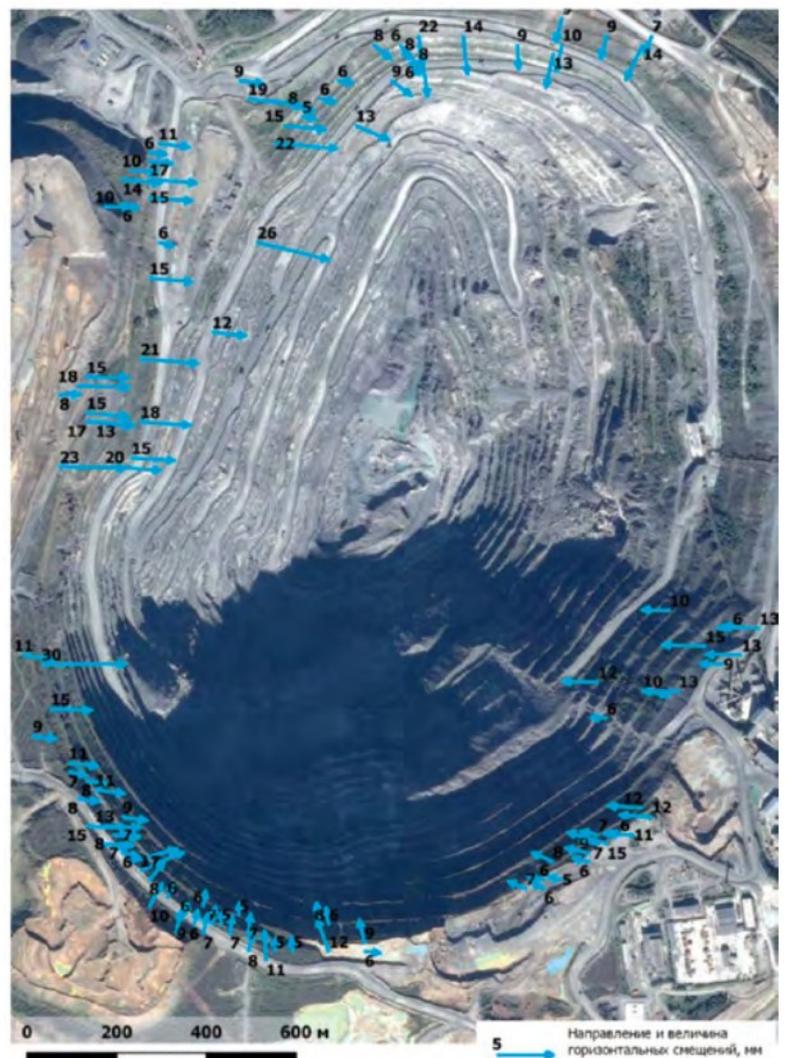


Рис. 6. Скорости и направления горизонтальных смещений постоянных интерферометрических отражателей на территории карьера «Железный»



Рис.7. Геодезический полигон на карьере «Железный» и схема наблюдений [9]

регулярных, циклических измерений высокоточными приборами на фундаментальных реперных пунктах.

Проведение циклических светодальномерных и GNSS наблюдений на полигоне, представленном на рис. 7, показало, что расстояние между пунктами полигона постепенно

уменьшатся, что свидетельствует о сближении бортов карьера [9]. Эти данные коррелируют с данными, полученными с помощью спутниковой радарной съемки, приведенными выше, что позволяет сделать вывод об объективности получаемых данных о направлении смещений.

Однако возникает вопрос о точности величин смещений бортов карьеров, полученных при интерферометрической обработке данных спутниковой съемки, представленных на рис. 6.

По данным светодальномерных наблюдений максимальные скорости сближения пунктов не превышают 6 мм/месяц, однако, при рассмотрении сближения отдельных пар реперов видно, что большинство значений скорости не превышает 2 мм/месяц (24 мм/год) и находятся в районе значений 1 мм/месяц (12 мм/год) [10]. Как видно из рис. 6, большинство значений скоростей смещений, попадают в этот диапазон значений, что может служить подтверждением эффективности использования спутниковой радарной съемки с интерферометрической обработкой данных для мониторинга смещений бортов карьеров. Однако, для более точной оценки корреляции скоростей смещений, получаемых разными методами, целесообразно провести несколько циклов измерений с закладкой вблизи фундаментальных пунктов полигона, показанного на рис. 7, искусственных отражающих элементов.

Заключение

По результатам выполненного исследования выявлено общее смещение бортов карьера к центру.

При выполнении данных исследований была выявлена специфика обработки спутниковых радарных данных, обусловленная необходимостью оценки не только абсолютных значений, но и скоростей перемещения базовых наблюдательных пунктов, оборудованных для целей мониторинга устойчивости бортов карьера «Железный» и расположенных фактически на кромках приповерхностных уступов. Так, возникает ряд проблем при оценке горизонтальных смещений элементов исследуемого объекта, которые могут быть частично или полностью решены с помощью интерферометрической обработки материалов радиолокационной съемки с восходящих и нисходящих пролетов космического аппарата по близким траекториям.

Данные по смещениям бортов карьера «Железный», полученные в результате интерферометрической обработки данных спутниковых снимков, показывают хорошую сходимость по направлениям смещений, полученных в результате

периодических геодезических, прежде всего светодальномерных, измерений. Так же сходимость наблюдается для диапазонов скоростей смещений, полученных разными методами. Однако, для более точной оценки скоростей смещений с помощью спутниковой съемки, а так же для более детального анализа их достоверности, целесообразно оборудовать искусственные отражающие поверхности, жестко связанные с коренным массивом пород, в районе фундаментальных пунктов полигона карьера «Железный».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-29-06037 ОФИ-М.

Литература

1. Калашник А.И., Максимов Д.А. О подходах к оценке сейсмического риска и районированию Кольского полуострова применительно к поверхностным линейно-протяженным объектам // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 2. С. 44-51.
2. Калашник А.И., Максимов Д.А. К оценке сейсмического риска магистрального газопровода на Кольском полуострове // Инновационная наука. 2016. №11-3. С. 191-194.
3. Мельников Н.Н., Калашник А.И., Каспарьян Э.В., Калашник Н.А. Концепция геодинамического мониторинга объектов нефтегазопромысла в регионе Баренцева моря // Геоэкология. – 2015. - № 2. – С. 166-174.
4. Филатов А.В., Брыксин В.М., Евтюшкин А.В., Васильев Ю.В., Белоносов А.Ю. Использование PSInSAR-технологии на кластере для геодинамического мониторинга нефтегазовых месторождений // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2013. № 5 (51). С. 49-51.
5. Васильев Ю.В., Филатов А.В. Выявление зон локальных деформаций методом радарной интерферометрии по результатам мониторинга на Самотлорском геодинамическом полигоне // Маркшейдерский вестник. – 2016. – № 3 (112). – С. 38-46.
6. Ferretti A., Prati C., Rocca F. Permanent Non-linear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2000. V. 38. Is. 9. P. 2202–2212.
7. Ferretti A., Prati C., Rocca F. Permanent scatterers in SAR interferometry // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2001. V. 39. Is. 1. P. 8–20.
8. Aster Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of Validation Results // http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf.
9. Розанов И.Ю., Достовалов Р.Н., Кузнецов М.А. Опыт применения GNSS и светодальномерных наблюдений для изучения деформаций массива горных пород в карьере рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК» // Глубокие карьеры: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 11 (специальный выпуск 56). – С. 183–191.
10. Каспарьян Э.В., Кожуховский А.В., Розанов И.Ю. Опыт организации мониторинга устойчивости бортов и уступов карьера // Известия вузов. Горный журнал. 2015. – № 5. – С. 67-74.

Антон Валентинович Филатов, канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией мониторинга и первичной обработки данных зондирования Земли, Научно-исследовательский институт прикладной информатики и математической геофизики Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, тел.: +7 (4012) 595595 доб. 9450, E-mail: anfilatov@kantiana.ru;

Калашник Анатолий Ильич, канд. техн. наук, заведующий лабораторией геофлюидомеханики, Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук (ГоИ КНЦ РАН), тел.: +7 (81555) 79664, E-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru;

Максимов Дмитрий Анатольевич, мл. науч. сотр. лаборатории геофлюидомеханики, Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук (ГоИ КНЦ РАН), тел.: +7 (81555) 79459, E-mail: maximoffda@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ¹

Приведены основные научные и практические результаты исследований в области повышения эффективности геомеханического обеспечения подземных горных работ на основе развития приборно-методической базы и принципиально новых подходов для повышения технико-экономических показателей, создания безопасных и комфортных условий труда при разработке месторождений сложной структуры. Изложены результаты опыта наблюдения за кровлей выработок различными методами и оценки напряженного состояния породного массива по данным визуальных наблюдений. Предложена классификация напряженного состояния горного массива по степени удароопасности в зависимости от формы и интенсивности нарушения, ориентации максимальных напряжений (вертикально, горизонтально или по касательной к поверхности нарушения) относительно выработки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скальные месторождения; подземная разработка; безопасность; геомеханическое обеспечение; эффективность.

V.I.Lyashenko

IMPROVING THE EFFICIENCY OF GEOMECHANICAL SECURITY OF UNDERGROUND MINING

The main scientific and practical results of research in the field of increase of efficiency of geomechanical security of underground mining through the development of instrumental and methodical base and innovative approaches to improve technical and economic performance, creating safe and comfortable labor conditions in the mining of complicated structures. The results of experience in top of workings using various methods of evaluation of the stress state of the rock mass according to the visual observations. The classification of the stress state of the massif on the degree of rockburst hazard based on the shape and intensity of the violation, the orientation of the maximum stresses (vertically, horizontally or tangentially to the surface of a breach) with respect to output.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: rock deposits; underground mining; safety; geomechanical security; efficiency



Ляшенко В.И.

Введение

Эффективность работы горнодобывающих предприятий во многом определяется стабильностью и безопасностью функционирования подземной геомеханической системы, что достигается информированностью о состоянии производственной среды, контролем и прогнозом этих процессов, определяемых свойствами массива, его взаимодействием с выработками, крепями и охранными конструкциями, начальным

состоянием массива и его поведением в процессе подготовки и отработки месторождения, термогазодинамическими явлениями и т.д. [1–3]. Особенно остро эти вопросы встают в связи с интенсификацией и концентрацией производства, что требует привлечения новых прогрессивных методов постоянного геомеханического контроля с его трансформацией в системный мониторинг [4–6]. Горнодобывающие предприятия оказывают негативное влияние на промышленные зоны, жилые агломерации, естественные объекты, в том числе на водные и сельскохозяйственные угодья [7–9]. При разработке месторождений необходимо не только сохранить поверхность с сооружениями и зданиями, но и минимизировать возможный выход вредных элементов в окружающую среду и, как следствие, снизить их

негативное влияние на население. Поэтому повышение эффективности геомеханического обеспечения подземных горных работ на основе развития приборно-методической базы и принципиально новых подходов для повышения технико-экономических показателей, создания безопасных и комфортных условий труда при разработке месторождений сложной структуры, представляет важную научную и практическую задачу, требующую безотлагательного решения [10–16].

Метод исследований

Комплексный, включающий анализ работ в области геомеханического мониторинга, шахтные и лабораторные экспериментальные исследования, математическое и физическое моделирование, а также теоретический анализ и обобщение результатов исследований по стандартным методикам.

Обсуждение и оценка полученных результатов

Геодинамика месторождения – современные процессы и явления, связанные с медленными взаимными перемещениями геологических блоков рудного поля по системам

¹Продолжение. Начало приведено в журнале «Маркшейдерский вестник» № 1 – 2016. – С. 35–43 и № 5–2016. – С. 37–43. В проведении экспериментальных исследований принимали участие Ю.Я. Савельев, А.Х. Дудченко, А.А. Ткаченко, А.Г. Скотаренко, А.И. Подопригора (ГП «УкрНИПИИпромтехнологии»), С.И. Скипочка, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук, В.Н. Сергиенко (Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины) и др.

геодинамически активных или формирующихся разломов. Природа этих перемещений представляется в виде реакции блочного массива на движения крупноблочных систем планетарного масштаба, с которыми разломы рудного поля связаны единым планом деформаций.

Потенциальная удароопасность пород – склонность пород к накоплению энергии упругих деформаций и хрупкому разрушению под нагрузкой, оцениваемая по коэффициенту потенциальной удароопасности пород, их прочностным характеристикам и модулю упругости на основе лабораторных испытаний по методикам АО «ВНИМИ» [9, 11].

Удароопасное состояние участка массива – наличие на участке необходимых и достаточных условий для возникновения горного удара, т.е. потенциально удароопасных пород и уровня напряжений, близкого к пределу прочности, а также свободной поверхности обнажения, образуемой при проведении выработки. Выработки, расположенные в массиве, находящемся в удароопасном состоянии, называются удароопасными выработками.

Прогноз удароопасности участка массива – предсказание на стадии планирования работ возможности возникновения горных ударов на том или ином участке на основе структурно-геологических признаков и параметров физических полей в массиве.

Оценка степени удароопасности – установление меры существующей опасности проявления горного удара в краевых частях массива и целиках по форме эпюр распределения напряжений с удалением от обнажения. На основе оценки степени удароопасности участки массива относятся к одной из соответствующих категорий.

Наблюдения за кровлей выработок оптическими приборами

Наблюдения за расслоением кровли очистных выработок оптическими приборами проводятся с целью качественной оценки степени устойчивости обнажений, выявления закономерностей их деформирования и разрушения, определения допустимых параметров конструктивных элементов систем разработки, установления необходимости крепления и выбора соответствующего типа крепи [10, 12–14]. Сущность метода наблюдения за расслоением кровли очистных выработок оптическими приборами заключается в том, что стенки неглубоких скважин (6–12 м), пробуренных в кровлю выработок, покрывают тонким слоем цементного раствора путем набрызга и промазывания. Цементное покрытие толщиной 1 мм после твердения служит надежным индикатором при деформировании пород и руд кровли выработок. Местоположение и ширина раскрытия трещин, образовавшихся при расслоении кровли выработок, определяется с помощью оптического прибора (рис. 1) и типов сменных объективов для различных видов наблюдений (рис. 2).

Для наблюдения неглубоких скважин или шпуров в подземных условиях чаще всего используются оптические приборы типа РВП, выпускаемые в странах СНГ, или эндоскопы, стратоскопы, интраскопы, выпускаемые в Англии, ФРГ, США, Франции, Японии [1–6] и других странах (табл.1). Оптические приборы типа РВП в основном предназначены для на-

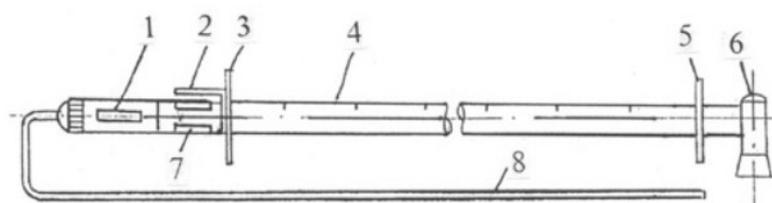


Рис. 1. Конструкция оптического прибора:
1 – источник света; 2 – масштабная линейка; 4 и 5 – направляющие диски; 4 – оптическая труба с наружной шкалой; 6 – окулярная насадка; 7 – объектив; 8 – электрические провода

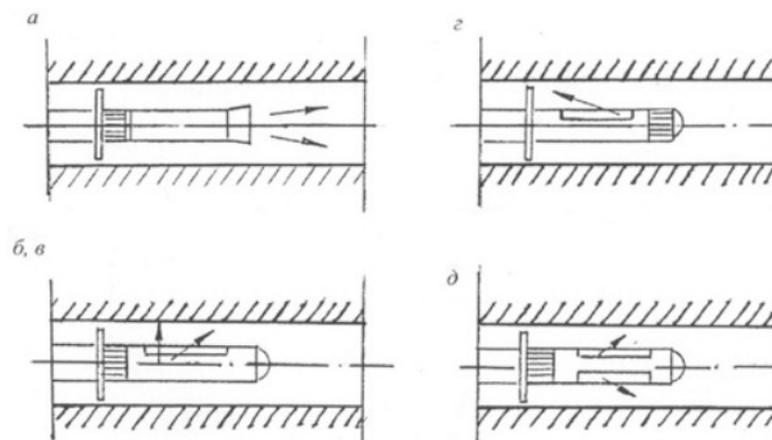


Рис. 2. Типы сменных объективов для различных видов наблюдений:
а – прямое на угол визирования ($\alpha = 180^\circ$ с угловым полем зрения $\beta = 55^\circ$); б – боковое ($\alpha = \beta = 90^\circ$); в – наклонное вперед ($\alpha = \beta = 110^\circ$ или 135°); г – наклонное назад ($\alpha = \beta = 60^\circ$); д – кольцевое ($\alpha = \beta = 170^\circ$)

блюдения и выявления дефектов внутренней поверхности прокатных изделий, используются на контрольных пунктах и лабораториях трубопрокатных и машиностроительных заводов, при работе располагаются горизонтально и, как правило, специальных устройств или приспособлений для перемещения прибора и проведения наблюдений наклонных и вертикальных отверстий не имеет. Для возможного использования прибора типа РВП в подземных условиях разработано устройство для досылки и удержания прибора в скважине в определенном положении, конструктивно доработана осветительная система прибора и выбран автономный источник питания².

Устройство для досылки и удержания прибора в скважине (рис. 3) включает распорную телескопическую колонку, состоящую из основной 1, вспомогательной 2 и распорной трубы 3. На основной трубе 1 размещена подающая 4, а на вспомогательной 2 – поддерживающая каретка 5. На обеих каретках имеются подвижные платформы 6 и 7 для ориентирования и удержания прибора 8 относительно вертикальной оси скважины.

Вращением маховика 9 подающая каретка 4 перемещается вертикально вверх или вниз по направляющей канавке, имеющейся в основании трубы 1. Для удобства проведения наблюдений в приборе 8 имеется специальная окулярная насадка 10, разработанная и изготовленная АО «ВНИМИ» [9, 11]. Для возможности фотографирования стенок сква-

² В разработке принимали участие И.А.Ахвердиев, А.Н.Каширный и др.

Таблица 1

Технические характеристики оптических приборов

Марка прибора	Диаметр скважины, мм	Предельная глубина наблюдений, м	Способ регистрации	Страна-изготовитель
Прибор РПВ-451	38-60	7,5	визуальный	Страны СНГ
Прибор РВП-456	400	6,0	то же	то же
Прибор РВП-461	6-830	16,5	то же	то же
Прибор РВП-469	15-37	4,2	то же	то же
Эндоскоп жесткий	32-60	2,5	визуальный, фотографирование	Англия
Эндоскоп гибкий	110	5,0	то же	то же
Фиброскоп полужесткий	110	25,0	то же	то же
Стратоскоп	36-60	6,0	то же	США
Эндоскоп жесткого типа Д4 и Д5	3-50	25,0	то же	ФРГ

Примечание. Выпущены также оптические приборы типа РВП-45А и РВП-457

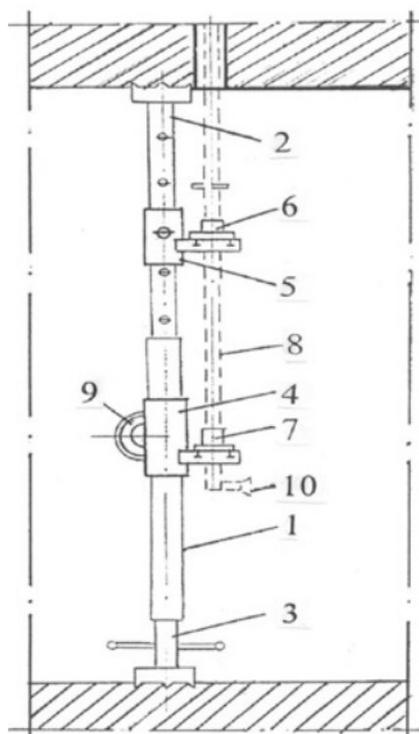


Рис. 3. Конструкция устройства для посылки и удержания прибора РВП в скважине:
1, 2, 3 – соответственно, основная, вспомогательная и распорная трубы;
4, 5 – соответственно, подающая и поддерживающие каретки; 6, 7 – подвижные платформы кареток;
8 – прибор РВП; 9 – маховик подающей каретки;
10 – окулярная насадка

жин к окулярной насадке через переходник подсоединяют фотоаппарат.

Система подсветки питается от сети переменного тока напряжением в пределах 110 или 220 В через понижающий трансформатор с регулируемым напряжением в пределах 0-12 В или же от сети постоянного тока, напряжением 28 В. Проведенные эксперименты показали, что наилучшим источником света для наблюдения скважины в подземных условиях до глубины 6 м оказалась лампочка при напряжении 4-5 В, а для глубины до 12 м – лампочка при напряжении 7-8 В, питаемая от двух шахтных аккумуляторов.

При проведении наблюдения за расслоением кровли очистных выработок оптическими приборами основными задачами являются: определение местоположения трещин, их ширины и частоты, а также развитие этих трещин во времени. Местоположение и ширина раскрытия образующихся трещин фиксируется путем определения расстояния от устья скважины до трещины. Расстояние определяется по шкале, нанесенной на наружной стороне трубы прибора, с прибавлением отсчета по линейке объектива. Точность определения расстояний составляет 0,5 см.

Пересечение стенки скважины с плоскостями трещин образуют фигуры в виде круга или эллипса (рис.4).

Для крупных трещин круги или эллипсы, как правило, бывают полными, а для мелких трещин чаще всего наблюдается только часть дуги соответствующей фигуры. Для мелких трещин расстояние определяется до ближайшей к устью и до наиболее удаленной точки линии пересечения трещины с боковой поверхностью скважины, а для крупных трещин (полностью раскрытых) – до четырех зафиксированных точек. Такими точками приняты точки пересечения эллипса или круга с плоскостями «С-Ю» и «З-В», проходящими через ось скважины, направления которых задаются с по-

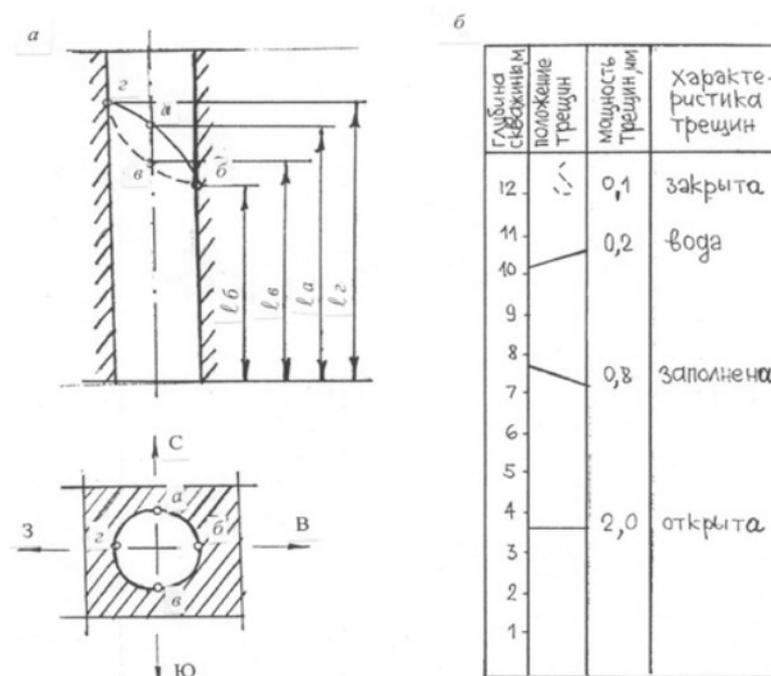


Рис.4. Схема расположения точек в скважине (а) и форма записи наблюдений (б)

мощью горного компаса. Результаты наблюдений заносятся в специальный журнал (рис. 4б).

Другие параметры (элементы залегания и др.) трещин определяются по специальной методике АО «ВНИМИ» [9, 11].

При отработке рудных залежей горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями в восходящем порядке необходимо пробурить от плоскости исследуемой кровли заходок на глубину 3–12 м из расчета не менее 100 м² обнажения одну наблюдательную скважину, но не менее трех скважин на всю площадь обнажения кровли заходок, одна из которых располагается по возможности в центре рассматриваемого участка, а две другие – по краям.

Для проверки точности получаемых величин расслоения кровли очистных выработок и оценки устойчивости обнажения массива горных пород, особенно при долговременном существовании исследуемого обнажения, целесообразно рядом с наблюдаемой скважиной с оптическим прибором на расстоянии 0,5–1,0 м пробурить дополнительную скважину для проведения инструментальных (метод глубинных реперов) или же геофизических (звукометрический метод) наблюдений с целью установления суммарной величины расслоения.

Наблюдения за изменениями напряженного состояния в породах непосредственной (2,5–3,0 м) и основной кровли проводили звукометрическими приборами типа «Дельта–2М», смонтированными в пробуренных в кровлю заходок скважинах глубиной 3–6 м [17–19]. В этих же скважинах проводили наблюдения за расслоением непосредственной и основной кровли путем осмотра стенок оптическим прибором типа РВП–456. Фиксировались раскрытые трещины, измеряли расстояния до них от обнажения и величину раскрытия трещин. В процессе исследований было проведено 95 серий звукометрических наблюдений (в среднем около 15 наблюдений в каждой серии); 94 наблюдения в 37 скважинах прибором типа РВП–456; 12 серий наблюдений – по струнной наблюдательной станции.

Сопоставляя данные наблюдений, полученные звукометрическими и оптическими приборами при отработке рудных залежей Мичуринского сложноструктурного месторождения Украины горизонтальными слоями с закладкой твердеющими смесями в восходящем порядке, установлено, что обнажение пролетов заходок (панелей) устойчивое и пролеты допустимые, когда на 1 м скважины в кровле между любыми двумя наблюдениями появляется не более трех трещин, причем, средний прирост суммарной мощности составляет не более 4 мм/м. Для других месторождений эти критерии должны устанавливаться на основании практики работ.

Электрометрический метод

Для относительной оценки напряженного состояния используется параметр K_p :

$$K_p = \rho_m \rho_{\min}^{-1} \quad (1)$$

где ρ_m, ρ_{\min} – значения измеренного эффективного сопротивления, соответственно, в нетронутом массиве и минимальное на изучаемом участке.

При сопоставлении результатов, полученных по различным направлениям, необходимо учитывать анизотропию, характеризуемую коэффициентом λ :

$$\lambda = (\rho_n \rho_c^{-1})^{0,5}, \quad (2)$$

где ρ_n – удельное сопротивление породы в направлении, нормальном слоистости; ρ_c – удельное сопротивление породы в направлении слоистости, Ом.

С учетом λ зондирования могут выполняться в любом направлении по контуру выработки. Исследования не требуют внедрения скважинами в массив, что существенно упрощает работы.

Величины главных напряжений в МПа, ориентировочно, можно оценить по формуле:

$$\sigma_z = K_p \gamma H, \quad (3)$$

где γ – плотность пород; H – глубина горных работ, м.

Электрические цепи, смонтированные в скважины

Контроль нарушенности толщи горных пород электрическими цепями заключается в следующем. В скважину, пробуренную в надкамерном целике с поверхности или из подземной горной выработки, помещают по всей длине электрическую цепь из параллельно подключенных сопротивлений. При отслаивании и обрушении пород вместе обрушается сцементированная с этими породами часть скважины и заключенными в этой части сопротивлениями. При этом электрические параметры (сопротивление, сила тока) всей цепи изменяются, что и отмечается прибором.

Для установки электрической цепи используются крутонаклонные нисходящие скважины, в этих скважинах она доставляется на необходимую глубину собственным весом.

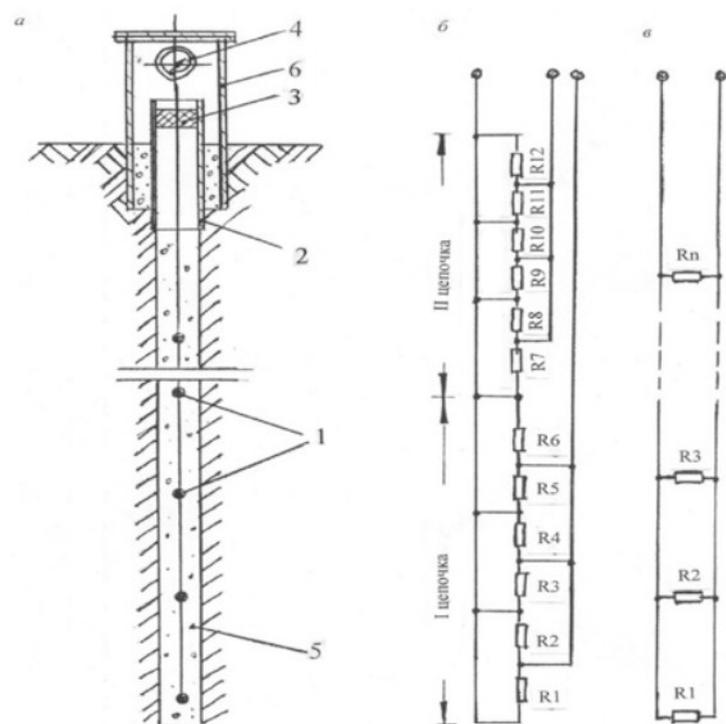


Рис. 5. Конструкция наблюдательной станции:

- а – общий вид: 1 – сопротивление электрической цепи; 2 – обсадная труба; 3 – резиновая пробка; 4 – измерительный прибор; 5 – цементный раствор; б, в – соответственно, принципиальные схемы по измерению сопротивлений и силы тока в электрической цепи

Скважина, предназначенная для установки электрической цепи, должна иметь обсадную трубу, закрываться резиновой пробкой (рис. 5).

Перед закладкой электрических сопротивлений в скважину их предварительно соединяют в цепочки определенной длины, опускают и заливают цементным раствором так, чтобы уровень цементного раствора на 0,5–1,0 м покрывал последнее сопротивление цепочки, а в обводненных скважинах – не ниже уровня ее устья. Необходимый объем цементного раствора определяется по формуле:

$$V_{\text{раст}} = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot h, \quad (4)$$

где D, h – диаметр и глубина скважины, м.

После установки электрической цепочки и заливки цементным раствором концы выходящих из скважины соединительных проводов подключают к магистральным проводам, которые прокладывают по земной поверхности, если скважины пробурены с поверхности, или по выработкам, подходящим к контрольной скважине, если она пробурена из подземной выработки. В безопасном (вне зоны обрушения пород) месте к магистральным проводам подключают источник тока и контролирующий прибор, например, Ц–4312. Скважину изолируют защитным колпаком. Состояние массива горных пород определяют по изменению сопротивления (рис.5б) или же силы тока (рис. 5в) в электрической цепи.

При определении состояния массива по сопротивлению (R) в целиках небольших мощностей, например, до 5 м достаточно в скважине поместить цепь из 6 сопротивлений, соединенных через 0,5–1 м, начиная от кровли камеры. Для этой цели необходимо иметь, например, набор сопротивлений в следующем порядке: $R_1 = 500$ Ом, $R_2 = 600$ Ом, $R_3 = 750$ Ом, $R_4 = 1$ кОм, $R_5 = 1,5$ кОм, $R_6 = 3$ кОм. При величине надкамерного целика свыше 5 м необходимо цепочки (количество зависит от глубины скважины) между собой соединять по схеме, приведенной на рис.5б. Контроль по уменьшению сопротивления в цепи (без подключения к источнику тока) осуществляют приборами ММВ–1 или Ц–4312.

При определении состояния массива по силе тока в A , для контроля за толщиной надкамерного целика, например, в 20–30 м, достаточно в скважине поместить цепь из 20 сопротивлений (типа МГП), соединенных через 1 м, начиная от кровли камеры (рис.5в). При обрушении в кровле камеры

слоя пород оборвутся и сопротивления, что и фиксируется по прибору. Наблюдения за состоянием электрической цепи следует проводить после затвердения цементного раствора, но не позже месячного срока после заливки. Периодичность наблюдений между сериями составляет не менее 1–2 раза в месяц, а их результаты заносят в рабочий журнал (табл. 2).

Простота, надежность и достаточная точность этого метода позволяют также использовать его в горной промышленности для контроля за состоянием контура очистных выработок, недоступных для визуального наблюдения.

Съемка подземных пустот маркшейдерскими приборами

Основными задачами наблюдений являются: определение размеров камер и целиков, установление величин отслоений во времени. Оперативный контроль за состоянием выработок необходим для повышения уровня безопасности работ, снижения потерь и разубоживания руды, сохранения земной поверхности и заключается в оптическом проецировании на стенку исследуемого объекта световой марки и в определении ее ширины. Ширина марки увеличивается с расстоянием; зная ее ширину можно определить искомое расстояние. Непременными условиями применения тахеометрической съемки являются наличие подходных выработок к пустотам и отсутствие загазованности воздуха. Съемка недоступных подземных пустот производится фотодальномерами, звуко– и радиолокационными приборами, лазерными устройствами, оптическими приборами АО «ВНИМИ» типа ТТ–4, ТТ–7 [9, 11]. Оптические приборы состоят из визирной трубы, базисной линейки и пентопризмы. В качестве осветителя применяется лампа мощностью до 80 Вт; питание прибора – от 4 аккумуляторов типа ЗШКН–10 на 15 В.

В зависимости от расположения подходных выработок съемка камеры производится по односторонней и двусторонней схемам. Прибор устанавливается на штативе на расстоянии 3 м от края камеры, центрируется над точкой (под точкой) при помощи отвеса и нивелируется по уровню. Съемку необходимо проводить через 3–5° по горизонтали и 1–2° по вертикали. Геометрическая схема измерения расстояний прибором ТТ–4 приведена на рис. 6. Информация по наблюдениям съемки подземных пустот заносится в рабочий журнал по форме (табл. 3).

Таблица 2

Характеристика электрической цепи

Дата	Место	Номер скважины	Величина сопротивления, Ом					Примечания
			R_1	R_2	R_3	...	R_n	
10.05.15	Поверхность	НС–1	500	600	700	...	15000	

Таблица 3

Показатели съемки маркшейдерскими оптическими приборами

Дата	Углы, град		Отсчеты		Разность отсчетов, l	Постоянные		Расстояние, S	Наблюдатель
	вертикальный	горизонтальный	A	B		K	C		
15.05.15									Иванов И.И.

Перемещая пентропризму по базису прибора (линейке), последовательно совмещают вертикальную нить пентропризмы (П) с вертикальными краями марки М (точки А и В) и берут соответствующие этим совмещениям отсчеты. Расстояние, соответствующее ширине световой марки, определяется по формуле:

$$S = K \cdot l + C, \quad (5)$$

где K, C – постоянные дальномера и прибора; l – разность отсчетов (А – В).

По результатам съемки строятся вертикальные и горизонтальные (погоризонтные) разрезы очистной камеры. С целью снижения погрешностей при построении разрезов, целесообразно результаты съемки нанести на графический материал в масштабе М 1:200.

Визуальные наблюдения

Метод оценки напряженного состояния породного массива по данным визуальных наблюдений имеет ряд преимуществ: отпадает необходимость в определении упругих свойств пород; представление об устойчивости обнажений получают по всему видимому периметру выработок; как по непосредственным шахтным наблюдениям, так и по вычислениям напряжений, он менее трудоёмок.

Ориентация максимальных компонент напряжений определяется по месту проявления нарушений на контуре выработки прямоугольно-сводчатой или овальной формы с отношением габаритных размеров λ_b , близких 1,0. При соотношениях ширины выработки к высоте $\lambda_b = 0,9...1,1$ ошибка в определении направления максимальных компонент не превышает 20° . Для количественной оценки напряжений, необходимой при определении

устойчивых параметров очистных камер, применено понятие уровня напряженного состояния породного массива, характеризующееся отношением максимальной компоненты напряжений к прочности пересекаемых выработкой пород:

$$\eta = \frac{\sigma_{\max}}{R_o}, \quad (6)$$

где η – уровень напряженного состояния породного массива; R_o – прочность образцов пород на одноосное сжатие, МПа; σ_{\max} – максимальное напряжение пород, МПа.

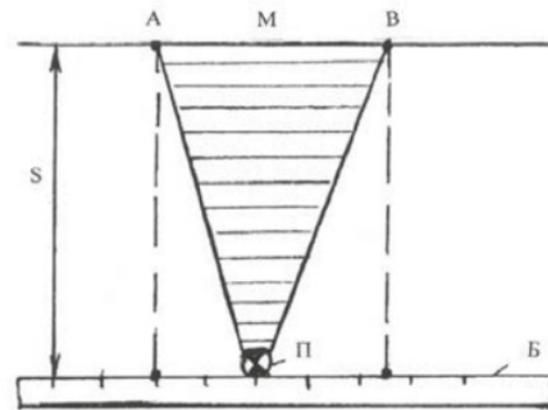


Рис. 6. Геометрическая схема измерения расстояний:

Б – базис прибора; П – пентропризма; М – ширина световой марки; S – расстояние, соответствующее ширине световой марки; А, В – вертикальные края световой марки

На шахтах Криворожского железорудного бассейна и Запорожского железорудного комбината (Украина) критерии прогноза механизма и интенсивности проявления

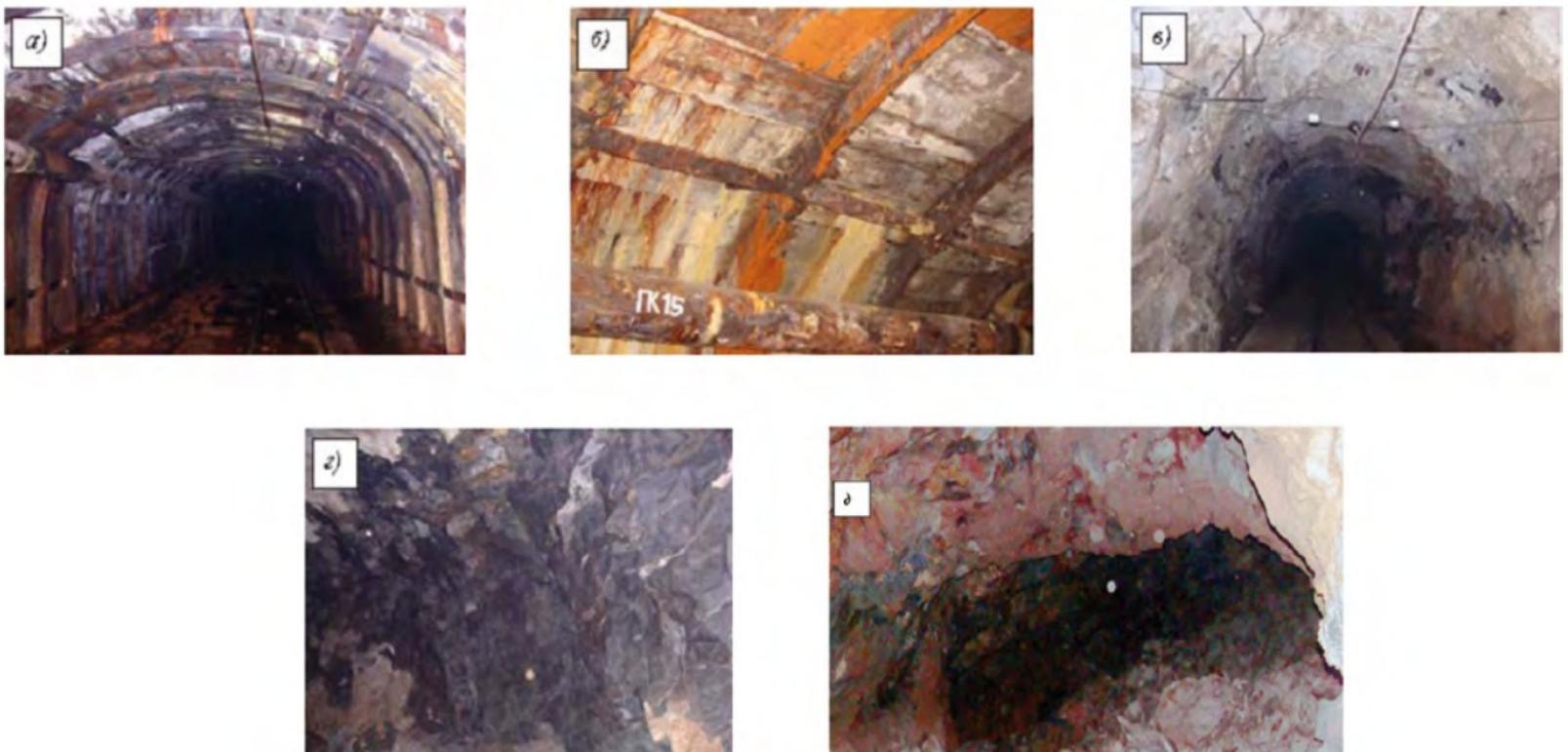


Рис. 7. Визуальные признаки интенсивности и механизмов проявления горного давления:

а, б – главный квершлаг горизонта 210 м и узел податливости рамной металлической крепи; в, г – восточный штрек гор. 210 м и район орта 59, закрепленный анкерами и набрызг-бетоном; д – кровля камеры 10–92 гор. 184 м

Таблица 4

Классификация состояния горного массива по уровню напряжений

Место проявления нарушения	Форма и интенсивность нарушения	Ориентация σ_{\max}	Уровень напряженного состояния массива	Категория удароопасности	
Нарушений нет по всему периметру	Оконтуривание выработки по естественным поверхностям ослабления	Вертикально	$\eta \leq 0,12$	Неудароопасная	
	Шелушение в углублениях в вершинах сочленения трещин естественной отдельности		$0,12 < \eta \leq 0,2$		
	Локальные расслоения структурных блоков по "живому"		$0,2 < \eta \leq 0,3$		III
	Отслоения по "живому", "бочкование" выработок. Динамическое заколообразование, выпучивание неудароопасных пород		$0,3 < \eta \leq 0,5$		II
В пятах свода и стенках с обеих сторон	Горные удары	Вертикально	$\eta > 0,5$	I	
	Шелушение в углублениях в вершинах сочленения трещин естественной отдельности		$0,12 < \eta \leq 0,2$	Неудароопасная	
	Локальные расслоения структурных блоков по "живому"		$0,2 < \eta \leq 0,3$	III	
	Отслоения по "живому", "бочкование" выработок. Динамическое заколообразование, выпучивание неудароопасных пород		$0,3 < \eta \leq 0,5$	II	
Посередине свода	Горные удары	Горизонтально	$\eta > 0,5$	I	
	Шелушение в углублениях в вершинах сочленения трещин естественной отдельности		$0,12 < \eta \leq 0,2$	Неудароопасная	
	Локальные расслоения структурных блоков по "живому"		$0,2 < \eta \leq 0,3$	III	
	Отслоения по "живому", "бочкование" выработок. Динамическое заколообразование, выпучивание неудароопасных пород		$0,3 < \eta \leq 0,5$	II	
Смещение очага нарушения от замка свода	Горные удары	По касательной к поверхности нарушения	$\eta > 0,5$	I	
	Шелушение в углублениях в вершинах сочленения трещин естественной отдельности		$0,12 < \eta \leq 0,2$	Неудароопасная	
	Локальные расслоения структурных блоков по "живому"		$0,2 < \eta \leq 0,3$	III	
	Отслоения по "живому", "бочкование" выработок. Динамическое заколообразование, выпучивание неудароопасных пород		$0,3 < \eta \leq 0,5$	II	

горного давления $\eta = 0,12$, $\eta = 0,2$, $\eta = 0,3$ и $\eta \geq 0,5$ подтверждены более чем тридцатилетней практикой проектирования [20–23]. По визуальным признакам исследованы интенсивность и механизм проявления горного давления (рис. 7). В частности, при деформации элементов крепи и отсутствии срабатывания узлов податливости $\eta < 0,3$ (рис. 7 а,б); при нарушении набрызг-бетона, наличия трещин расслоения и кливажа $0,2 < \eta < 0,3$ (рис. 7 в,г); при обнажениях представленных блоками средне- и крупноблочной отдельности $\eta < 0,3$ (рис. 7д).

Применительно к геомеханическим условиям сложно-структурных месторождений Украины, для которых характерна низкая степень анизотропии, при которой практически не нарушается симметрия распределения напряжений и деформаций по контуру выработки, количественная оценка ориентации и интенсивности максимальных напряжений приведена в табл. 4.

По уровню напряженного состояния η при известной прочности пересекаемых выработкой пород вычисляется σ_{\max} , по месту проявления горного давления определяется направление её действия. С целью установления тенденции изменения механизма и интенсивности проявлений горно-

го давления по глубине выполнено обследование горных выработок шахты в интервале глубин 340–550 м.

Для установления влияния горизонтальной и вертикальной компонент напряжений на формирование поля напряжений в нарушенном очистной выемкой пространстве выполнен анализ распределения напряжений по периметру выработанного пространства с учетом развития очистных работ в этаже [24, 25].

Эффективность результатов внедрения

По результатам многолетних исследований ГП «УкрНИ-ПТИПромтехнологии» (г. Желтые Воды), ГП «НИГРИ», (г. Кривой Рог), АО «ВНИМИ» выполненных в 1970–2016 годах, а также с учетом передового опыта применения систем с закладкой на Криворожском и Запорожском железорудных комбинатах и в других развитых горнодобывающих странах в рамках научно-исследовательской темы (номер государственной регистрации 0109U007013) составлена «Инструкция по оперативному контролю и прогнозу напряженно-деформированного состояния массивов горных пород и руд на шахтах «Ингульская» и «Смолинская» ГП «ВостГОК» (далее – Инструкция) [13,14,17,20–23].

В Инструкции изложены методы оперативного контроля и прогноза напряжённого состояния массивов горных пород и руд на шахтах ГП «ВостГОК» до глубины 1000 м при отработке месторождений системами разработки с закладкой выработанного пространства. Даны критерии оценки интенсивности и механизмов проявления горного давления в зависимости от уровня напряжённого состояния массива и деформационной характеристики пород. В частности, к неопасным, кроме естественно неопасных, относятся участки подверженных горным ударам пород (массивов), в которых в результате производства горных работ или специальных профилактических мероприятий возможность проявления горных ударов исключена. Степень удароопасности участков угрожаемого месторождения определяется интенсивностью динамического проявления горного давления и подразделяется на три категории [14]:

- *Первая.* Участок массива представляет опасность по проявлению собственно горных ударов и микроударов.
- *Вторая.* Участок массива представляет опасность по проявлению микроударов, динамического заколообразования и стреляния пород.
- *Третья.* Участок массива не представляет непосредственной опасности по проявлению горных ударов.

Выводы

1. На основании данных исследований 95 серий звукометрических наблюдений (в среднем около 15 наблюдений в каждой серии), 94 наблюдений в 37 скважинах прибором типа РВП-456, 12 серий наблюдений – по струнной наблюдательной станции показано, что геомеханический мониторинг горного массива и целиков различного назначения целесообразно осуществлять посредством звукометрических и маркшейдерских приборов, струнных тензометров, глубинных и грунтовых реперов, оптических приборов, электрических цепей, визуальных и косвенных методов по определению изменения минерализации шахтных вод и другого методического и приборного геомеханического обеспечения.

2. Предложена классификация напряженного состояния горного массива по степени удароопасности (неудароопасный, при $\eta \leq 0,2$; первая, вторая и третья категории удароопасности, соответственно, при $\eta > 0,5$; $0,3 < \eta \leq 0,5$ и $0,2 < \eta \leq 0,3$) в зависимости от формы и интенсивности нарушения, ориентации максимальных напряжений σ_{\max} (вертикально, горизонтально или по касательной к поверхности нарушения) относительно выработки.

3. Установлено, что для сложноструктурного Мичуринского месторождения Украины обнаженные пролеты устойчивы, когда на 1 м наблюдательной скважины приходится не более 3-х трещин, причем средний прирост суммарной мощности составляет не более 4 мм/м. При этом в кровле выработки бурят не менее 3-х скважин глубиной не менее 3–12 м из расчета не менее 100 м² обнажения на одну скважину. Для других месторождений эти критерии должны устанавливаться на основании практики работ.

Литература

1. Stefanov Yu.P., Chertov M.A., Aidagulov G.R., Myashikov A.V. Dynamics of inelastic deformation of porous rocks and formation of localized compaction zones studied by numerical modeling // J. Mech. and Phys. Solids. 2011. No. 11. Vol. 59.
2. Yunjin H., Guolong C., Weiping C., Zhenjun Y. Simulation of hydraulic fracturing in rock mass using a smeared crack model // Computers and Structures. 2014. Vol. 137. P. 72 – 77.
3. Haeri H., Shahriar K., FatehiMarji M., Moarefvand P. Experimental and numerical study of crack propagation and coalescence in pre-cracked rock-like disks // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2014. Vol. 67. P. 20 – 28.
4. Tikhonov N.O., Ivanov A.N. Ore pretreatment reengineering at operating processing plants using high pressure grinding rolls—a promising area of activity (in terms of Erdenet Mining Corporation) // Eurasian Mining. Moscow. 2015. Vol. 1. P. 9 – 12.
5. Shojaei A., DahiTaleghani A., Li G.A. A continuum damage failure model for hydraulic fracturing of porous rocks // International Journal of Plasticity. 2014. Vol. 59. P. 199 – 212.
6. Glagolev V.V., Glagolev L.V., Markin A.A. Stress-strain state of elastoplastic bodies with crack // Acta Mechanica Solida Sinica. 2015. Vol. 28, No. 4. P. 375 – 383.
7. Борисов А.А. Механика горных пород. – М.: Недра, 1980. – 359 с.
8. Фисенко Г.Л. Предельное состояние горных пород вокруг выработок. – М.: Недра, 1980. – 359 с.
9. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, склонных к горным ударам. Л., ВНИМИ, 1980. – с. 145.
10. Слепцов М.Н., Азимов Р.Ш., Мосинец В.Н. Подземная разработка месторождений цветных и редких металлов. – М.: Недра, 1986. – 206 с.
11. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях (объектах строительства подземных сооружений), склонных к горным ударам. Л.: ВНИМИ, 1989. – 57 с.
12. Добыча и переработка урановых руд. Монография. Под общей редакцией А. П. Чернова. Киев. «Адеф-Украина». – 2001. – 238 с.
13. Ляшенко В. И., Савельев Ю. Я., Ткаченко А. А. Геомеханическое обеспечение безопасности подземной разработки рудных месторождений // Науковий вісник НГУ. – 2005. – №12. – С.8– 15.
14. Ляшенко В. И., Ткаченко А. А., Чистяков Е. П. Научно-технические основы определения геометрических характеристик породных массивов при подземной разработке урановых месторождений // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 1. – С.85–89.
15. Карелин В.Н., Марысюк В.П., Наговицин Ю.Н., Вильчинский В.Б. Исследование геомеханического состояния рудопородного массива в поле рудника «Скалистый» // Горный журнал. – 2010. – № 6. – С. 63–65.
16. Оловянный А.Г. Гравитационный боковой распор и тектонические и тектонические напряжения в массиве горных пород // Маркшейдерский вестник. – 2011. – № 3. – С. 40 – 46.
17. Ляшенко В.И., Скипочка С.И., Яланский А.А., Паламарчук Т.А. Геомеханический мониторинг при подземной разработке месторождений сложной структуры // Изв. вузов. Горный журнал. – 2012. – № 4. – С. 109– 118.
18. Галаов Р.Б., Звездкин В.А., Шабаров А.Н. Геомеханическое обоснование безопасных способов разработки тектонически напряженных блоковых структур рудных залежей Талнахского узла // Горный журнал. – 2013. – № 12. – С. 17–21.
19. Халкечев Р.К., Каширский А. С., Халкечев К. В. Управление технологией разрушения материалов на основе математического моделирования устойчивого и неустойчивого развития трещин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 11. – С. 359 – 366.

20. Ляшенко В.И. Научно-технические предпосылки повышения экологической безопасности в горнодобывающем регионе // Бюл. Черная металлургия. – 2015. – № 1. – С. 21 – 30.

21. Ляшенко В.И. Развитие геомеханического мониторинга свойств и состояния массива горных пород при подземной разработке месторождений сложной структуры // Маркшейдерский вестник. – 2016. – № 1. – С. 35–43.

22. Ляшенко В.И., Пухальский В.Н. Повышение безопасности подземной разработки приповерхностных запасов месторождений сложной структуры // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 2. – С. 36– 41.

23. Ляшенко В.И. Приборно-методическое и техническое обеспечение геомеханической безопасности горных работ под водными объектами // Маркшейдерский вестник. – 2016. – № 5. – С. 37–43.

24. Khomenko O., Kononenko M., & Netecha M. Industrial research of massif zonal fragmentation around mine workings. Mining of Mineral Deposits, 2016. – 10 (1), 50 – 56.

25. Хоменко О.Е. Геоэнергетика подземной разработки рудных месторождений: монография. – Д.: НГУ, 2016. – 242 с.

Василий Иванович Ляшенко, начальник научно-исследовательского отдела, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии» (г. Желтые Воды, Украина), тел.: +70954227072, E-mail: vi_lyashenko@mail.ru

Уважаемые коллеги!

Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России»

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»

(Лицензия серии 77 Л01 №0008098, регистрационный № 037280)

Повышение квалификации по горным специальностям в 2017 году

Обучение проводится ЧУ «ЦДПО «Горное образование» при методическом руководстве и сопровождении Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» и Российского геологического общества (РосГео)

Цель обучения:

- повышение эффективности деятельности организаций недропользователей на основе изучения научных достижений, прогрессивных технологий в области горного дела и геологии, методов управления, изменений в законодательной и нормативно-правовой базе, а также передового опыта организации геологических, маркшейдерско-геодезических и иных видов горных работ.

В программе обучения:

- совершенствование систем управления качеством работ и услуг в области горного дела и геологии на основе рыночных механизмов профилактики правонарушений и саморегулирования;
- соблюдение требований законодательства о недрах и о техническом регулировании, обеспечение безопасного и рационального использования минеральных ресурсов России;
- применение передовых технологий, новейших приборов, оборудования и программного обеспечения при освоении минерально-сырьевых ресурсов, в производстве геологических, маркшейдерско-геодезических и иных видов горных работ;
- повышение экономической эффективности деятельности горно- и нефтегазодобывающих организаций.

Педагогический состав включает ведущих специалистов по основным направлениям горного дела министерств и ведомств природо-ресурсного блока, научных, проектных и учебных организаций.

Слушатели зачисляются на основании заявки от предприятия и заключенного договора.

Дата обучения выбирается в соответствии с установленным графиком. При отсутствии графика, в заявке указывается желаемый период обучения.

Обучающимся бронируются места для проживания в гостиничных комплексах по факту поступления заявок и месту проведения обучения.

По окончании курсов повышения квалификации выдается удостоверение.

График проведения курсов повышения квалификации в 2017 году (72 часа)

Сроки проведения	Направление	Категория слушателей
03.04.2017-12.04.2017 22.05.2017-31.05.2017* 25.09.2017-04.10.2017** 23.10.2017-01.11.2017*** 20.11.2017-29.11.2017	«Маркшейдерское дело»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
22.05.2017-31.05.2017* 25.09.2017-04.10.2017** 23.10.2017-01.11.2017***	«Рациональное использование и охрана недр»	специалисты служб лицензирования, недропользования, главного геолога
22.05.2017-31.05.2017* 25.09.2017-04.10.2017** 23.10.2017-01.11.2017***	«Геология»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
22.05.2017-31.05.2017* 25.09.2017-04.10.2017** 23.10.2017-01.11.2017***	«Землеустройство и земельный кадастр»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
22.05.2017-31.05.2017* 25.09.2017-04.10.2017** 23.10.2017-01.11.2017***	«Промышленная безопасность опасных производственных объектов»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
22.05.2017-31.05.2017* 25.09.2017-04.10.2017** 23.10.2017-01.11.2017***	«Организация кадровой службы и управление персоналом при недропользовании»	специалисты кадровых служб горно- и нефтегазодобывающих организаций

* - курсы повышения квалификации проводятся в г. Кисловодск. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»
*** - курсы повышения квалификации проводятся в г. Сочи. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской конференции «Рациональное и безопасное недропользование»
*** курсы повышения квалификации проводится в г. Москве. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской конференции «Новые технологии при недропользовании»

Получить более подробную информацию об обучении, а также о дополнительных мероприятиях можно на сайте www.mwork.ru, по E-mail: obr@mwork.ru; gorobr@inbox.ru или по тел. (495) 641-00-45, (499) 263-15-55

Редакция «МВ»

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Рассмотрен вопрос организации геомеханического мониторинга при освоении месторождений полезных ископаемых, залегающих на больших глубинах, открытым способом. Показано, что рациональный выбор методики контроля за деформационными процессами напрямую влияет на безопасность ведения горных работ и экономическую составляющую разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом. Так для выбора систем мониторинга, направленных на своевременное выявление признаков предельного нарушения устойчивости откосов и уступов карьера, необходимо классифицировать виды и типы нарушений устойчивости массива горных пород при открытом способе освоения месторождений полезных ископаемых.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность; открытый способ разработки; деформации; откосы; уступы; виды и типы нарушения устойчивости массива; мониторинг.

A.V.Grishin, S.V. Shevchuk

TO THE ORGANIZATION OF GEOMECHANICAL MONITORING IN THE DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS BY OPEN METHOD AT GREAT DEPTHS

Considered the question of the organization of geomechanical monitoring in the development of mineral deposits, lying at great depths, by open method. It is shown that rational choice of deformation processes control method directly affects the safety of mining operations and the economic component of the development of mineral deposits by open method. As for the choice of monitoring systems aimed at early identification of signs of violation of the limit of stability of slopes and ledges career, it is necessary to classify the kinds and types of violations of the stability of the rock mass in the open method of development of mineral deposits.

KEYWORDS: security; open cast mining; deformation; slopes; ledges; kinds and types of violations array stability; monitoring.



Гришин А. В.



Шевчук С.В.

В связи с происходящим истощением запасов полезных ископаемых, расположенных в относительно благоприятных условиях, на небольших глубинах залегания, все чаще приходится вовлекать в разработку месторождения, расположенные в сложных, слабоизученных и потенциально опасных горно-геологических условиях, залегающие на больших глубинах. Не являются исключением и месторождения, разрабатываемые открытым способом.

Для современного состояния открытых разработок характерны значительное увеличение производительности предприятий, повышение мощности горнотранспортного оборудования, увеличение глубины существующих карьеров и переход к разработке глубокозалегающих месторождений. Еще десять-двадцать лет назад карьеры глубиной 500 м

относились к разряду уникальных объектов и, как правило, по достижению такой глубины подлежали закрытию. На сегодняшний день такая глубина не считается уникальной, и разработку месторождений полезных ископаемых продолжают вести открытым способом и на больших глубинах. Так проектная глубина алмазодобывающего карьера «Юбилейный» составляет 720 м, карьер «Удачный» ведет горные работы на глубине 585 м, глубина золотодобывающего карьера «Восточный» около 500 м и карьер продолжает работать, глубина Коркинского угольного разреза составляет более 500 м.

Безопасное и эффективное освоение месторождений в этих условиях осложняется тем, что с увеличением глубины ведения горных работ существенно изменяется характер протекания деформационных процессов в массиве пород и степень их влияния на окружающую среду [1], большее значение приобретают вопросы устойчивости откосов открытых горных выработок и выбора методик их контроля. Во-первых, с возрастанием периметра и глубины карьера увеличивается суммарная площадь обнаженных откосов, что повышает вероятность их деформаций. Во-вторых, по мере углубления карьера пропорционально растут напряжения в приоткосных массивах горных пород, что отрица-

тельно сказывается на их устойчивости. В-третьих, вместе с увеличением мощности горного оборудования изменяются элементы системы разработки, связанные с устойчивостью откосов: увеличивается высота уступов и отвалов, ширина заходки, скорость подвигания рабочего фронта, темп углубления горных работ [2].

Наряду с этим особо остро стоит вопрос выбора систем мониторинга деформационных процессов в зоне влияния горных работ, который усложняется тем, что месторождения, обрабатываемые открытым способом, характеризуются чрезвычайным разнообразием горно-геологических условий, и, как следствие, широким диапазоном изменения фактических углов наклона бортов карьеров. Поэтому решение вопросов устойчивости бортов и уступов каждого карьера, а также подходов к организации наблюдений за их деформациями требует индивидуального рассмотрения.

Также необходимо отметить, что обоснование углов откоса и параметров уступов – достаточно сложная инженерная задача: точно и надежно обосновать упомянутые параметры существующими методами расчета устойчивости затруднительно, так как этим методам присущ ряд существенных недостатков. Обычно, ввиду сложности определения напряжений, вместо трех составляющих в каждой точке приоткосной зоны при решении плоской задачи учитывается приближенно только вертикальная составляющая напряжений, соответствующая весу столба вышележащих пород. Форма наиболее вероятной поверхности разрушения принимается заранее известной и не зависит от физико-механических характеристик пород, что противоречит физическому смыслу рассматриваемой задачи. Не учитывается влияние подошвы на распределение напряжений, а для проведения качественного численного моделирования, как правило, не хватает исходных данных о массиве горных пород. На этом фоне ведущую роль приобретают методы контроля за развитием деформационных процессов, результаты которых используются не только для оценки

безопасности наблюдаемых процессов, но и для получения информации об их характере и величине, которая в дальнейшем используется для уточнения ранее проводимых расчетов устойчивости горного массива.

Исходя из изложенного, к выбору методик мониторинга деформационных процессов при открытых способах разработки месторождений полезных ископаемых надо подходить с особой тщательностью. Основным критерием при выборе таких методик должен быть принцип своевременного выявления признаков возникновения предельных деформаций горного массива. С этой целью необходимо понимать, какой характер будут носить деформации на разных этапах освоения месторождения.

Рациональный выбор методики контроля за деформационными процессами напрямую влияет на безопасность ведения горных работ и экономическую составляющую разработки месторождений. Такой выбор затрудняется тем, что действующие в настоящее время директивные и нормативные документы, регламентирующие мероприятия в части предупреждения оползневой опасности в карьерах, в значительной мере устарели и не отражают современного состояния открытых разработок и требуют существенной корректировки и переработки. Подтверждением этому могут служить инциденты, произошедшие на карьерах Березитовый (рис. 1), Юбилейный Олимпиадинского ГОКа (рис. 2), на Коркинском разрезе (рис. 3).

Можно резюмировать, что нарушения устойчивости откосов и уступов имеют место на многих карьерах и наносят существенный социальный и экономический ущерб. Наряду с этим большое значение приобретают надежная оценка и достоверный прогноз устойчивости откосов и уступов в различных природных условиях. Добиться этого можно организацией мониторинга, адаптированного под конкретные условия разработки карьера. Так для выбора систем мониторинга, направленных на своевременное выявление признаков предельного нарушения устойчивости откосов и



Рис. 1. Общий вид обрушения на борту карьера «Березитовый»



Рис. 2. Общий вид обрушения на борту карьера «Юбилейный»



Рис.3. Трещина отрыва в зоне влияния деформируемого борта Коркинского разреза

уступов карьера, необходимо классифицировать виды и типы нарушений устойчивости массива горных пород при открытом способе освоения месторождений полезных ископаемых.

Как показал анализ литературных материалов [1], существует множество классификаций, отражающих обозначенные вопросы. При этом можно выделить следующие основные классификационные признаки: морфологический (тип пород); причина сползания; характер сдвижения; структура склона; условия водоносности; возраст склона; фаза развития процесса; форма в плане и в разрезе; скорость сдвижения; характер разрушения пород.

Главной задачей при классифицировании является выбор существенных системообразующих признаков, обеспечивающих достижение поставленных целей. Необходимо, чтобы эти признаки можно было легко и надежно определять, они должны быть наблюдаемыми и, что особенно важно, измеряемыми. В соответствии с изложенным, выбрано три системообразующих признака:

- механизм нарушения устойчивости;
- местоположение поверхности или зоны разрушения относительно контура карьера;
- состояние пород.

Так, по мнению авторов, для решения поставленных задач наиболее подходят классификации, предложенные профессором А.М. Деминым. Эти классификации были составлены на основе анализа большого статистического

материала, фактических случаев нарушения устойчивости массива горных пород при освоении месторождений полезных ископаемых открытым способом, причем в различных горно-геологических условиях, а также глубокой теоретической проработки механизмов развития деформаций горных пород в конкретных условиях.

По первому признаку выделены четыре типа нарушения устойчивости элементов карьера [3]:

- 1) уплотнение пород при мягких породах, залегающих в нижней зоне или в подошве отвала, сопровождающееся ее выдавливанием;
- 2) отрыв и сдвиг по контакту или по однородной породе;
- 3) отрыв (иногда с изгибом) и смещение вниз;
- 4) вязкопластическое течение.

По второму признаку выделены три вида нарушения устойчивости, в которых поверхность или зона разрушения [3]:

- 1) размещается на верхней площадке уступа или отвала;
- 2) выходит в откос;
- 3) располагается в подстилающих породах.

По третьему признаку различают твердое, сыпучее и вязкопластическое состояния пород.

Для выделения типов нарушения устойчивости открытых горных выработок использовались также дополнительные критериальные признаки, систематизированные в табл. 1 [3].

Каждому типу нарушения устойчивости горных пород должен соответствовать свой способ проведения мониторинга, позволяющий максимально выявлять те геомеханические процессы, которые характерны для каждого из указанных типов, в том числе и на различных стадиях их протекания.

В практике горного дела различают следующие стадии деформирования:

- начальные деформации (допустимые), при которых процесс носит плавный характер без нарушения сплошности массива;

Таблица 1

Критериальные признаки типов нарушений устойчивости открытых горных выработок

Тип нарушения устойчивости	Критериальные признаки
Осадка	- уплотняется вся приоткосная зона
Оползни	- пологие откосы; - процесс нарушения устойчивости протекает медленно (дни, месяцы, иногда-годы)
Обрушения, вывалы	- крутые откосы; - крутые поверхности ослабления; - процесс нарушения устойчивости происходит быстро (с, мин, часы)
Оплывины, оплывание	- поверхности разрушения отсутствуют; - процесс нарушения устойчивости протекает в виде вязкопластического течения – поверхностного или глубинного

- критическая деформация, предшествующая «сходу» оползня, на этой стадии, как правило, наблюдаются образования трещин различной иерархии. Значения критических деформаций находятся между допустимыми и предельными. При достижении массивом критических деформаций процесс может быть стабилизирован путем проведения специальных мероприятий;
- предельные деформации, при которых происходит оползень;
- запредельная деформация, соответствующая окончанию процесса оползания.

При мониторинге оползней представляет наибольший интерес критическая стадия деформирования.

Из анализа возникновения аварийных ситуаций, вызванных развитием геомеханических процессов на карьерах, можно заключить, что процесс деформирования горного массива допустимо разделить как минимум на два типа:

1) оползневые процессы, когда нарушение устойчивости массива протекает достаточно медленно (дни, месяцы, а иногда и годы);

2) обрушения и вывалы на отдельных участках, когда процессы нарушения устойчивости горного массива происходят быстро (мин., часы).

Необходимо отметить, что деформации первого типа при определенных обстоятельствах могут перейти в деформации второго типа, а также участки, потенциально опасные по деформациям второго типа, могут перейти в первый.

Каждый тип развития деформаций в карьере требует подбора методов мониторинга, соответствующих особенностям деформирования горного массива и земной поверхности.

На сегодняшний момент можно констатировать наличие значительного многообразия способов и методик по наблюдению за деформационными процессами в карьере: маркшейдерские (маркшейдерское оборудование – эл. тахеометр, нивелир, спутниковое оборудование), радарный – радио волны (радарные установки), лидарный – световые волны (наземные лазерные сканирующие системы), геотехнический (геотехнические датчики) и т.п.

По отдельности каждый метод имеет как свои уникальные преимущества, так и недостатки. Например, существенным недостатком радарного и лидарного методов можно считать то, что при их использовании производят наблюдения только за внешней (видимой) частью массива. Поэтому данные, полученные с их помощью, не могут быть основным источником информации о подвижках горного массива: существенные изменения поверхностной части массива в виде поверхностных осыпей могут быть никак не связаны с состоянием массива, также как и, наоборот, небольшие подвижки коренной части массива, которые могут быть восприняты данными методами как незначительные, могут стать причиной серьезного обрушения.

Маркшейдерские методы, за счет закладки профильных линий в коренных породах, легко позволяют наблюдать основания горного массива. Однако и эти методы, в классическом их понимании – проведение измерений оператором с использованием высокоточных электронных тахеометров

– не позволяют в должной мере обеспечить необходимую степень контроля за развитием деформационных процессов.

Определение деформационного состояния бортов и уступов карьера на основе результатов маркшейдерско-геодезических наблюдений (в том числе и автоматизированных), проводимых по профильным линиям, заложенным на поверхности бортов, осуществляется путем анализа изменения полных векторов смещения деформационных реперов. Их количественное распределение по всей поверхности борта свидетельствует о характере его деформирования. Положение поверхностей скольжения при этом, как правило, строят по направлениям векторов перемещения реперов.

Недостатком этого способа является то, что на смещение наблюдательных пунктов (реперных точек) большое влияние оказывают эрозионные процессы, происходящие в приповерхностном слое вследствие выветривания, наведенной (техногенной) трещиноватости при производстве буровзрывных работ и не связанные с геомеханическими процессами, происходящими внутри горного массива. В результате этого данные таких наблюдений могут не точно характеризовать фактическое состояние массива горных пород, а именно местоположение потенциальной поверхности скольжения.

Для повышения точности определения местоположения потенциальной поверхности скольжения необходимо проводить дистанционные измерения деформаций массива горных пород через специально пробуренные скважины в зонах, недоступных для прямых маркшейдерских наблюдений.

Измерения заключаются в определении направления и величин горизонтальных и вертикальных сдвижений деформационных глубинных реперов, расположенных в скважинах через определенный интервал, и инклинометрии тела скважины с целью построения полных векторов сдвижений и деформаций, по конфигурации которых можно определить местоположение потенциальной поверхности скольжения [4] (рис.4).

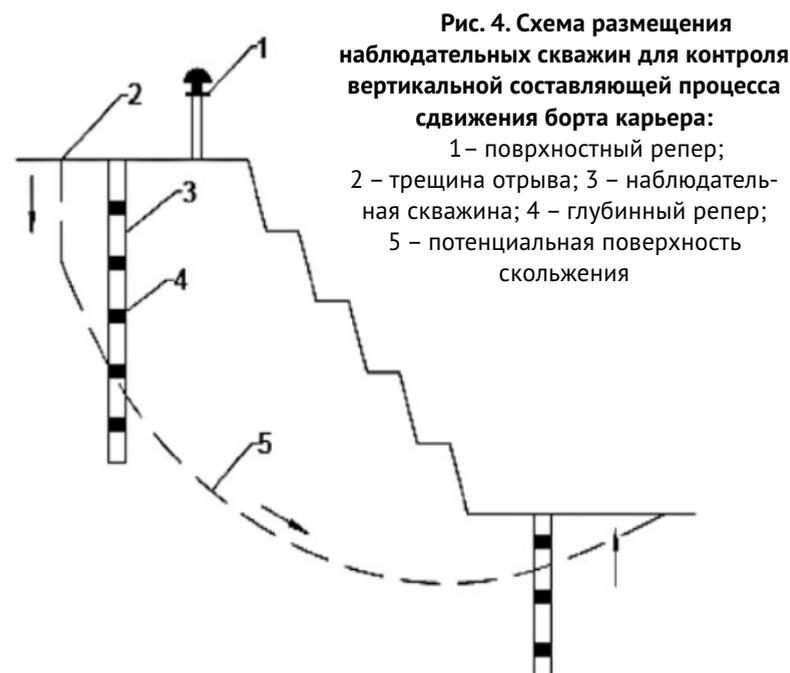


Рис. 4. Схема размещения наблюдательных скважин для контроля вертикальной составляющей процесса сдвижения борта карьера:
1 – поверхностный репер;
2 – трещина отрыва; 3 – наблюдательная скважина; 4 – глубинный репер;
5 – потенциальная поверхность скольжения

Наблюдения за деформациями массива горных пород предложенным способом позволяют контролировать процесс их развития и своевременно проводить профилактические и (или) защитные мероприятия для недопущения достижения деформациями своих предельных значений. Данные, полученные в результате наблюдений предложенным способом, интегрально отражают влияние всех обозначенных особенностей горных пород и поэтому являются более надежными для определения местоположения линии потенциальной поверхности скольжения и оценки состояния массива горных пород в ее окрестности.

По результатам произведенных измерений вычисляют величины относительных деформаций ε для каждой наблюдательной скважины по формуле [4]:

$$\varepsilon = \frac{R_i - R_{i-1}}{l}, \quad (1)$$

где R_i – перемещение i -го репера; R_{i-1} – перемещение предыдущего репера; l – расстояние между этими реперами.

Линия, соединяющая точки с критическими значениями относительных деформаций $\varepsilon_{кр}$, является границей потенциальной поверхности скольжения.

Для оценки состояния массива и принятия решения о необходимости осуществления защитных мероприятий определяют коэффициент запаса устойчивости борта n .

При относительных деформациях $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-3}$ сдвига массива горных пород практически не ощутимы, что соответствует коэффициенту запаса устойчивости $n = 1,4$, при котором профилактические и защитные меры не требуются.

При относительных деформациях $0,5 \varepsilon_{кр} > \varepsilon > 1 \cdot 10^{-3}$ сдвига массива горных пород считаются допустимыми, что соответствует коэффициенту запаса устойчивости $n = 1,3$, при котором никаких специальных мер защиты или профилактики, кроме инструментальных наблюдений, не требуется.

При относительных деформациях $\varepsilon_{кр} > \varepsilon > 0,5 \varepsilon_{кр}$ сдвига массива горных пород считаются критическими, что соответствует коэффициенту запаса устойчивости $n = 1,2$, при котором необходимо применять меры по повышению устойчивости бортов карьера, разреза, котлована, в том числе по упрочнению горных пород в окрестностях потенциальной поверхности скольжения.

При относительных деформациях $2\varepsilon_{кр} > \varepsilon > \varepsilon_{кр}$ сдвига массива горных пород считаются предельными, что соответствует коэффициенту запаса устойчивости $n = 1,1$, при котором резко повышается опасность возникновения

оползня и следует начать эвакуацию людей и механизмов из оползнеопасной зоны.

При относительных деформациях $\varepsilon > 2\varepsilon_{кр}$ сдвига массива горных пород считаются запредельными, что соответствует коэффициенту запаса устойчивости $n = 1,0$, при котором происходят опасные разрушительные процессы и пребывание людей в оползнеопасной зоне недопустимо.

Таким образом, способ дистанционного измерения деформаций горных пород в зонах, недоступных для прямых маркшейдерских измерений, дает возможность определять местоположение потенциальной поверхности скольжения и деформаций массива горных пород в окрестностях этой поверхности путем измерения полных векторов смещения точек массива, через специально пробуренные скважины. Его отличительной особенностью является то, что измерения осуществляются непосредственно в массиве горных пород и данные, полученные в результате наблюдений предложенным способом, интегрально отражают влияние всех особенностей горных пород и поэтому являются достаточно надежными для определения местоположения линии потенциальной поверхности скольжения.

Совместный анализ данных инструментальных измерений, проводимых по наблюдательным станциям, заложенным на поверхности бортов карьера, и по скважинам, пробуренным в массиве горных пород в зоне влияния открытых горных работ, позволяет повысить точность и полноту определения геомеханического состояния массива горных пород и направлен на своевременное (заблаговременное) выявление признаков, предшествующих началу оползневых процессов наблюдаемых бортов карьера.

Литература:

1. Бабелло В.А., Гришин А.В., Никифорова И.Л., Смолич К.С. К вопросу об определении параметров прочности горных пород для оценки устойчивости обнажений скальных массивов // Маркшейдерский вестник – №6. 2014. – с.54–57.
2. Певзнер М.Е., Иофис М.А., Попов В.Н. Геомеханика: Учебник для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательство МГУ, 2008. – 438 с.
3. Демин А.М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. – М., «Недра». 1973. – 232 с.
4. Пат. 2509889 Российская Федерация. Способ определения деформаций горных пород в зонах, недоступных для прямых измерений/ Сученко В.Н., Иофис М.А. Гришин А.В. и др.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский университет дружбы народов (РУДН).

Александр Викторович Гришин, канд.техн.наук, доцент,
генеральный директор ООО НВК «Горная геомеханика»,
тел: +7(495) 315-17-38, E-mail: info@gorgeotech.ru;
Степан Васильевич Шевчук, инженер-маркшейдер
ООО НВК «Горная геомеханика», тел: +7 (903) 277-08-73,
E-mail: Shevchuk.Stepan@yandex.ru

УДК 622:681

И.И. Ерилова

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ДИСЦИПЛИНАМ «ГЕОДЕЗИЯ» И «МАРКШЕЙДЕРИЯ»

Рассмотрены основные аспекты и тенденции изменения статистических данных, характеризующих динамику развития инновационного образовательного проекта обучения студентов горных специальностей дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия» в Московском горном институте НИТУ «МИСиС» (учебно-информационный сайт: www.irina-erilova.narod.ru/, учебный канал на видеохостинге YouTube: www.youtube.com/c/ИринаЕрилова).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: учебный процесс; геодезия; маркшейдерия; лекции; интернет; сайт; видео; инновационный проект; студент; образование.

I.I. Eriлова

MAJOR TRENDS OF INNOVATIVE EDUCATIONAL PROJECT OF BLENDED LEARNING FOR STUDENTS OF MINING SPECIALTIES OF THE DISCIPLINES "GEODESY" AND "MINE SURVEYING"

The Report shows the main aspects and trends of the statistics data variations that characterize the innovative Online Education Project dynamics for the mining professions students in the disciplines «Geodesy» in «Mine Surveying» of the Moscow Mining Institute, NUST «MISiS» (the educational and reference web site: www.irina-erilova.narod.ru/ and the youtube channel: www.youtube.com/c/ИринаЕрилова).

KEY WORDS: learning process; geodesy; mine surveying; lectures; internet; website; video; innovative project; student; education.

В сентябре 2016 г., при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» прошла III Международная конференция по новым образовательным технологиям #EdCrunch. Основная тема форума – «Смешанное обучение: традиции и будущее».

Актуальность мероприятия продиктована объективным отставанием отечественной системы высшего образования, с традиционными академическими аудиторными методами обучения, от современных западных стандартов широкого использования электронных средств и форм свободного предоставления информации претендентам на получение квалификационной оценки «специалист», вплоть до «дистанционной» самоподготовки через интернет.

Совершенствование форм и методов обучения нового поколения сопровождает всю историю человечества как следствие развития интеллекта его членов, прогресса науки, изобретения новой техники, технологий, коммуникаций и прочих достижений цивилизации.

На протяжении последних пяти лет автор практически и непосредственно соприкасается с озвученной темой – вопросами разработки и внедрения инновационной технологии обучения дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия» студентов горного профиля на базе кафедры «Геологии и маркшейдерского дела» Горного института НИТУ «МИСиС».

Отдельные этапы этого непростого в нашей академической среде процесса поиска оптимальной формы информационного обеспечения и его успешного усвоения будущими

горными инженерами ежегодно отражались в публикациях на страницах журнала «Маркшейдерский вестник», начиная с 2013 г. Статьи показывают эволюцию пройденного пути: «Опыт использования интернет-пространства в учебном процессе на примере сайта «Учебник маркшейдера и геодезиста», irina-erilova.narod.ru» (№ 5, 2013); «Аналитические аспекты применения инновационных технологий для подготовки специалистов горного профиля» (№ 3, 2014); «Дистанционный метод изучения дисциплин «Геодезия» и «Маркшейдерия» студентами горных специальностей» (№ 3, 2015); «Динамика развития электронного образовательного проекта обучения дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия» студентов горных специальностей» (№ 2, 2016).

В настоящее время реализуемый автором Проект электронного образования (ПЭО) является неотъемлемой частью формата «смешанного обучения» – одного из основных трендов современного образования. В отличие от «дистанционного обучения» эта форма, применительно к техническим дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия», определяется программой значительного объема лабораторных и практических занятий с дорогостоящими приборами и инструментами, приобретение которых в личное пользование, для целей самостоятельной учёбы, весьма проблематично.

Следует отметить, что работа по формированию концепции смешанного обучения, разработка и создание обучающих видеоматериалов, переформатирование учебной и учебно-методической литературы, электронная визуализация прочих структурных элементов ПЭО осуществлялась

автором исключительно на безвозмездной основе и по добровольной инициативе. Возможности ограничивались личным временем, а также имеющимися в собственности аппаратными средствами и программным обеспечением.

Ниже приведены основные аналитические и статистические данные результатов существования и развития ПЭО с момента его старта (6 июня 2012 г.) до начала текущего года.



Рис. 1. Структурная схема Проекта электронного образования

Общий объём учебных и учебно-информационных электронных ресурсов ПЭО, размещённых в интернете на хостингах и сайтах (рис.1), с учётом незначительных добавлений в 2016 г. (6-ти видеофильмов, 4-х наименований методической литературы и 134 фотоснимков), сформирован, в основном, в 2014-2015 годах и составляет более 70 гигабайт.

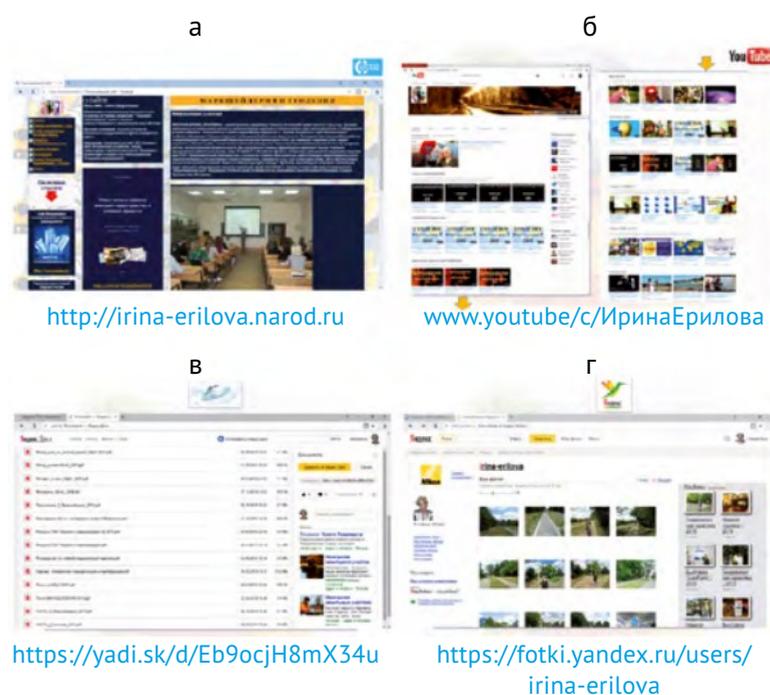


Рис. 2. Интерфейсы главных страниц структурных элементов ПЭО:

- А – сайт «Учебник маркшейдера и геодезиста» (uCoz);
- Б – видеоканал «Ирина Ерилова» (YouTube);
- В – страница «irina-erilova» (Яндекс Диск);
- Г – страница «irina-erilova» (Яндекс Фотки)

Нужно понимать, что оценка электронных ресурсов в общепринятых байтах и битах весьма условна, поскольку зависит от электронного формата соответствующего оцениваемого элемента, – в распоряжении пользователя сегодня их множество. В данном случае предпочтительнее говорить о единицах времени и единицах количества.

В табл.1 представлены параметры используемых в ПЭО групп контента на 1 января 2017 г.

Таблица 1

Наименование	Количество, ед.	Продолжительность, час:минуты
Видеоматериалы		
Видеолекции и практические работы (видеоканал)	95	18:58
Учебно-информационные фильмы (видеоканал)	36	3:38
Учебные фильмы по ссылкам с сайта	24	2:37
Учебные фильмы по ссылкам из Каталога ресурсов	69	5:59
Методическая литература, в том числе	23 наименования	
Авторская	19 наименований	
Рекомендованные академические издания	4наименования	
Фотоматериалы	33 тематических альбома 1102 фотоснимка	

Основной инновацией по формированию структуры ПЭО в 2016 г. стала разработка «Каталога электронных ресурсов», создание и размещение в облачном сервисе документа, содержащего интерактивные ссылки на все информационные элементы Проекта. С целью улучшения удобства работы пользователей, а также повышения уровня сохранности информации данное средство быстрого поиска необходимого контента размещено на двух независимых облачных сервисах: OneDrive и Яндекс Диске.

Каталог содержит более 300 интерактивных ссылок как на разделы ПЭО, так и непосредственно на составные элементы (видео, литература, фото). Обновление его содержания осуществляется синхронно с ПК автора. Активация Каталога производится нажатием соответствующей «иконки» на главной странице видеоканала. Используемая структурная схема не имеет аналогов на видеохостинге YouTube.

Аудитория пользователей информационными ресурсами Проекта, на протяжении всего срока его существования (около 5 лет), стабильно расширяется, а активность коррелируется с календарным режимом учебного года в национальных ВУЗах. Суммарное количество обращений (просмотров) к учебным видео, размещённым на авторском канале, превысило 372 тыс., а общее время просмотра составило 1 год 203 дня (рис.4, 5).

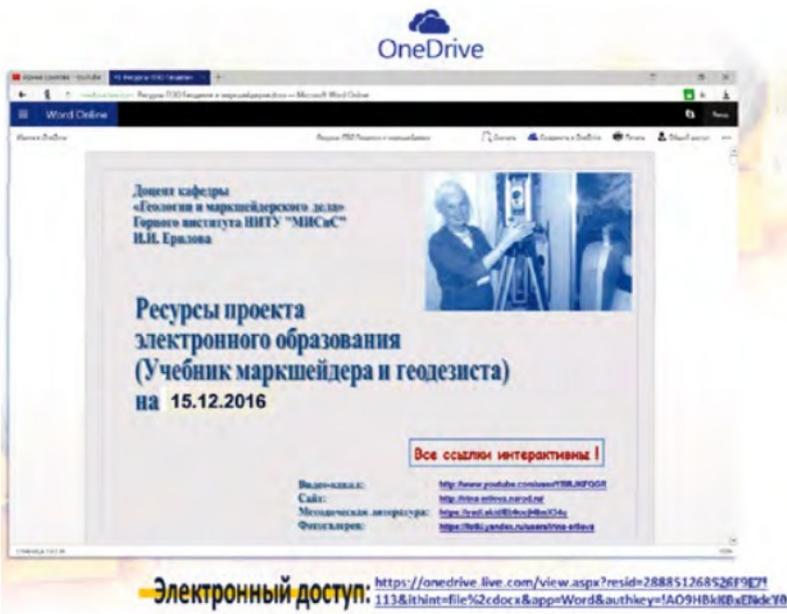


Рис. 3. Интерфейс титульной страницы Каталога ресурсов ПЭО

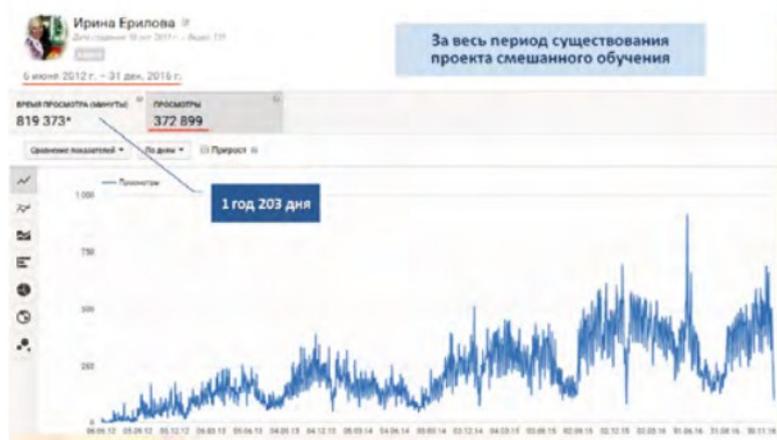


Рис. 4. Ежедневный график просмотра контента ПЭО (по дням)

В 2016 г. среднестатистическая посещаемость видеоканала ПЭО составила 15,3 просмотра в час, т.е. пользователи обращались к контенту каждые 4 минуты.



Рис. 5. График просмотра контента ПЭО по годам (по годам)

Явной особенностью периодичности пользования учебным видеоконтентом является его цикличность, связанная с графиком аудиторных занятий в ВУЗе (рис. 6, 7). Этот факт

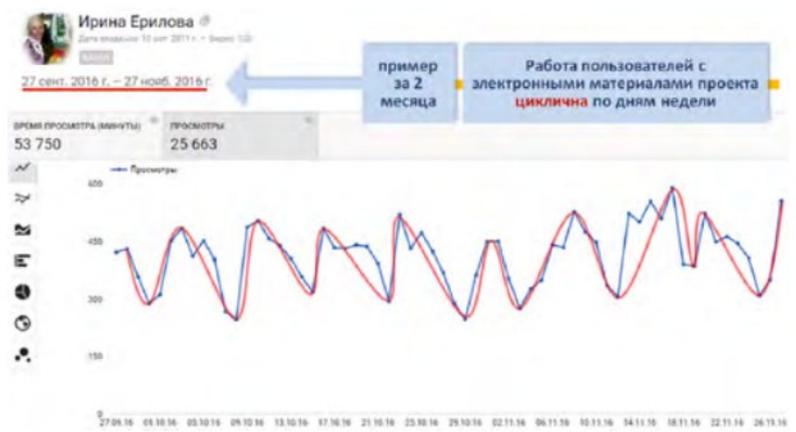


Рис. 6. График просмотров, иллюстрирующий их недельную цикличность

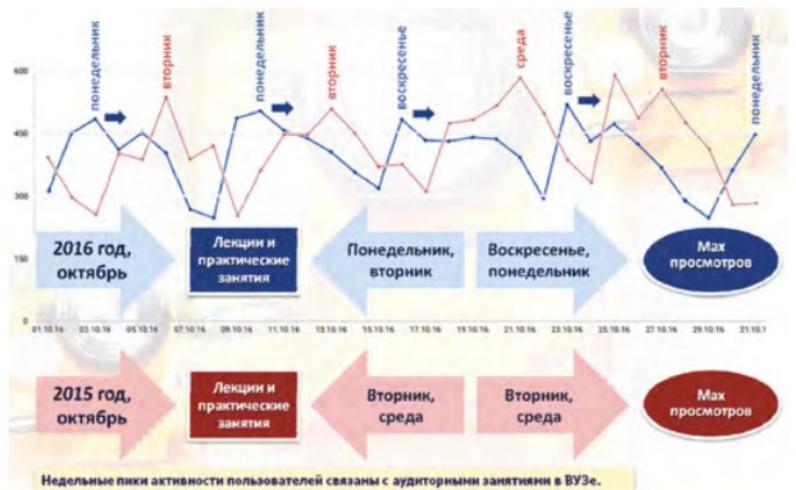


Рис. 7. Графики просмотров, иллюстрирующие их корреляцию с аудиторными занятиями в ВУЗе (по дням)

является подтверждением определяющего состава «потребителей» ресурсов ПЭО – студенческое сообщество.

Аналогичная тенденция отражается на почасовых графиках, фиксирующих в реальном времени повышение активности пользователей в периоды подготовки студентов к зачётам и экзаменам (рис. 8).

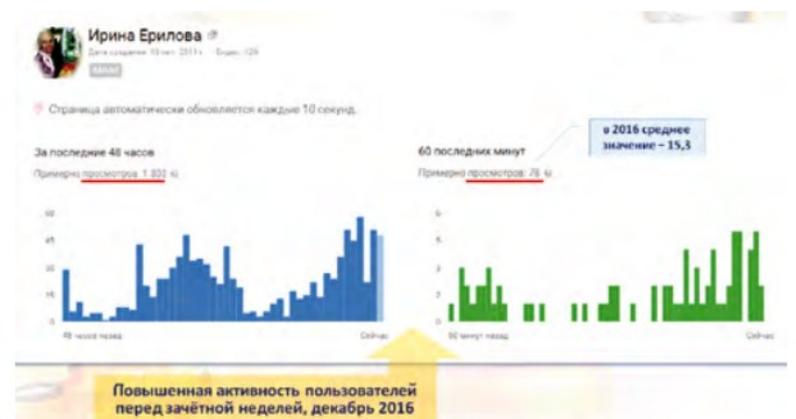


Рис. 8. График просмотров в реальном времени (по часам)

Учебный характер информации, представляемой ПЭО в свободном доступе на общедоступных ресурсах, определяет структуру возрастного состава аудитории пользователей,

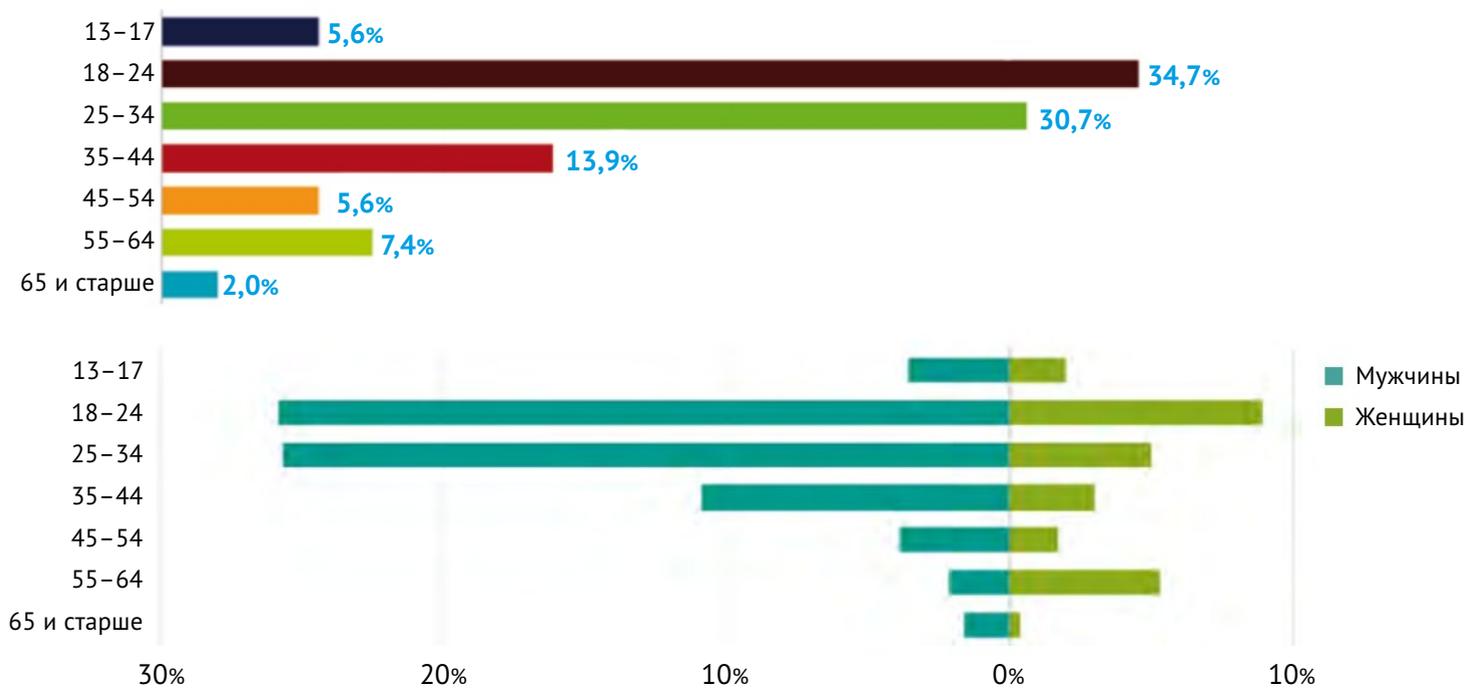


Рис. 9. Демографический состав аудитории ПЭО

основу которого составляет молодежь студенческого возраста (рис. 9).

Изначально рассчитанный на студентов Московского горного института как на целевую аудиторию Проект приобрёл весьма широкую популярность не только в русскоговорящих странах. Его география расширилась до 166 стран мира, привлекла внимание пользователей из развитых западных стран (рис. 10, 11).

Трансляция контента ПЭО через встроенные видеоплееры осуществлялась в 72 странах, более чем на 500 приложениях и веб-сайтах. Доля таких просмотров (24,5 тыс.) составила 6,5% от общего объёма, а от времени непрерывного просмотра (46 дней 5 часов) – 8,1%. Интересно обратить внимание, что в перечне стран, транслирующих материалы ПЭО, присутствуют такие высокоразвитые в технологическом отношении страны, как: Германия (33 просмотра), США (32 просмотра),

Великобритания (17 просмотров), Франция (12 просмотров), Италия (7 просмотров) и Канада (5 просмотров) (рис. 12).

На видеоканал ПЭО подписались 1371 пользователь из 55 стран, при том, что подписчики из Российской Федерации составляют 67,7% этого показателя. В общем составе подписчиков присутствуют, например, граждане США – 30 человек, Бразилии – 7 человек, Японии – 1 и другие.

Оценку качества и информативности видеоконтента ПЭО (понравилось/не понравилось) высказали 1495 пользователей, посетителей видеоканала из 48 стран (рис.14). Положительно оценили 1374 человека, отрицательно – 121 человек.

Пользователи активно делятся электронным контентом ПЭО посредством социальных сетей, поисковых систем и прямых ссылок. На рис.15 приведены график динамики использования функции «поделиться», статистическая и качественная информация, характеризующая этот процесс.



Рис. 10. География пользователей ПЭО

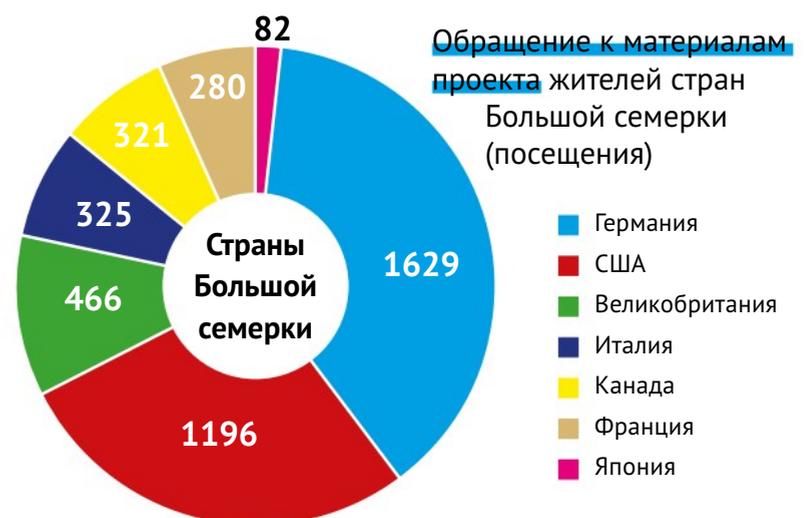


Рис. 11. Пользователи ПЭО из развитых западных стран



Рис. 12. График трансляции контента ПЭО на внешних веб-сайтах и приложениях

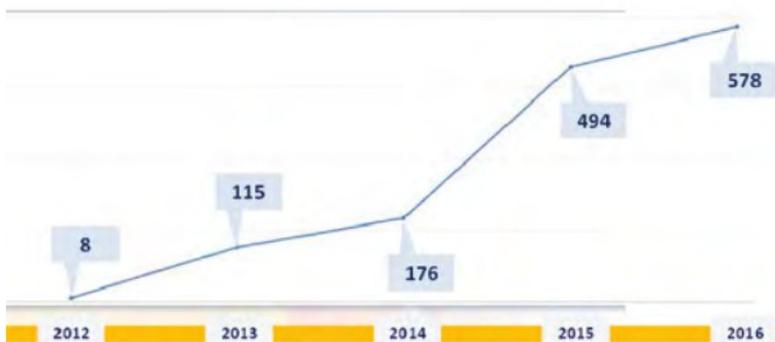


Рис. 13. График роста числа подписчиков на видеоканал ПЭО



Рис. 14. График роста положительных оценок пользователей ПЭО



Рис. 15. Использование функции «поделиться» пользователями ПЭО

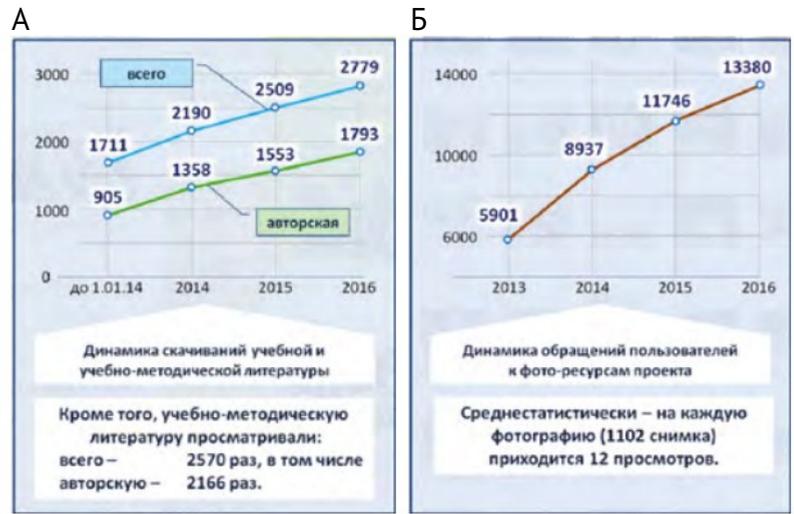


Рис. 16. Динамика активности пользователей ПЭО:

А – график скачиваний учебной и учебно-методической литературы, Б – график просмотра фотографий

На приведённых ниже графиках показана информация характеризующая интерес пользователей к структурным блокам ПЭО: А – библиотека учебной и учебно-методической литературы, Б – банк фоторесурсов (рис.16). Отдельные показатели скачиваний учебной и учебно-методической литературы весьма впечатляющие. Так, авторскую работу «Руководство по геодезической практике» скачали 388 пользователей.

Представленные аналитические и статистические показатели функционирования ПЭО позволяют сделать выводы:

- реализуемая Проектом инновационная образовательная технология смешанного обучения студентов горных специальностей дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия» успешно развивается;
- разработанная методика и инфраструктура информационного обеспечения учащихся ВУЗов посредством сети интернет признана студенческой аудиторией и активно используется для приобретения дополнительных и закрепления полученных в традиционном формате образования знаний;
- контент электронных ресурсов Проекта вызывает растущий интерес международного сообщества – пользователей интернета, что способствует повышению престижности Университета и Российской системы образования.

Ерилова Ирина Игоревна, ст. преподаватель кафедры «Геологии и маркшейдерского дела» Горного института НИТУ «МИСИС», тел. +7 (499)230-2558, E-mail: irina-erilova@yandex.ru, i.i.erilova@gmail.com

Ко дню снятия Блокады

*Всё дальше, дальше дни Блокады.
Всё меньше остаётся нас.
Но звуки взрывов, канонады
Услышать можно и сейчас.*

*Иной раз скажут: «Что Блокада?
Она наполовину – блеф».
А я отведу: «Нет! Не надо!
А как же карточки на хлеб?»*

*А как же память в наших семьях?
А как же шрамы на камнях?
Ошибочны такие мнения».
Ведь я рождён в блокадных днях,*

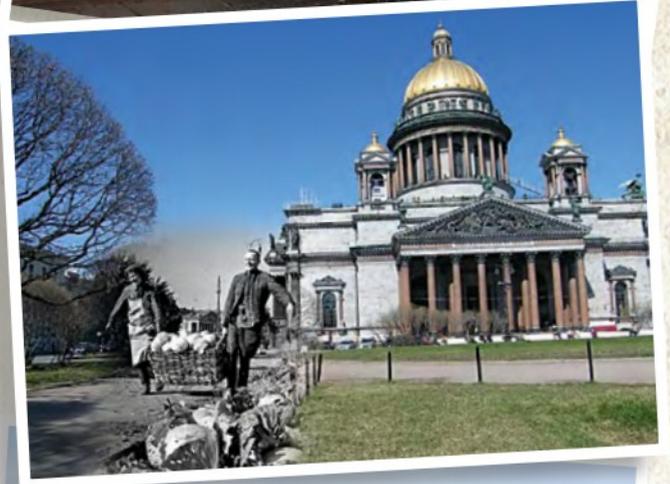
*И мама с крыши «затяжки»
Бросала вниз в холодной мле,
И медель, разобрав на палки,
Хранить тепло старалась мне.*

*А мощь волнующего слова
Поэта нашего Бергольц,
И репортажи Магараёва.
Услышать их мне довелось.*

*Давно в истории Блокада.
Но разве можно забывать
Тот страшный подвиг Ленинграда?
И что б его не повторять,*

*Напомянуть должны для всех:
«Блокада – правда, а не блеф».*

В. Глейзер



27 ЯНВАРЯ (1944)
ДЕНЬ ПОЛНОГО ОСВОБОЖДЕНИЯ
ЛЕНИНГРАДА ОТ ФАШИСТСКОЙ БЛОКАДЫ

60 ЛЕТ МУРАТУ ГАЗИЗОВИЧУ МУСТАФИНУ



1 января 2017 года исполнилось 60 лет со дня рождения доктора технических наук, заведующего кафедрой инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета Мустафина Мурата Газизовича.

Мурат Газизович окончил Карагандинский политехнический институт, кафедру маркшейдерского дела и геодезии в 1979 году и начал свою трудовую деятельность на карьере «Центральный» (г. Жанатас, Республика Казахстан, Минхимпром СССР) в качестве участкового маркшейдера. Затем в 1980–1981 гг. работал участковым маркшейдером на шахте «Западная» (ПО «Карагандауголь»). Стремление Мурата Газизовича к научной деятельности привело его в 1982 году на кафедру маркшейдерского дела и геодезии Карагандинского политехнического института, где в качестве младшего научного сотрудника научно-исследовательского сектора он принимал участие в научно-исследовательских работах (НИР). Кафедру возглавлял в то время выдающийся ученый и педагог профессор И.И. Попов. Здесь будущим учёным были получены первые практические навыки по обеспечению устойчивости карьерных откосов в разнообразных условиях Казахстана.

В 1984 году Мурат Газизович поступил в аспирантуру Всесоюзного научно-исследовательского института горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ, Ленинград). Во ВНИМИ он прошел путь от аспиранта, младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией.

В отделе горных ударов под руководством проф. И.М. Петухова занимался разработкой рекомендаций по борьбе с динамическими явлениями, в частности, с динамическими разрушениями почвы горных выработок. Этот вид динамического разрушения пород принес много бед шахтерам. Сначала он проявился в Кизеловском бассейне, затем в Донбассе и далее в Караганде и в Воркуте. По результатам исследований в Донбассе и Караганде

в 1989 году М.Г. Мустафиным была защищена кандидатская диссертация. Обобщение исследований и решение проблемы разломов в Воркуте позволили в 2003 году защитить докторскую диссертацию на тему «Научные основы прогноза и предотвращения горных ударов с разрушением пород почвы в подготовительных выработках угольных шахт». Результаты исследований вошли в основной нормативный документ по регламентации работ на угольных пластах, опасных по горным ударам – *Инструкцию по горным ударам*.

В 2004 году во ВНИМИ М.Г. Мустафин был назначен заведующим лаборатории *сдвижения горных пород*, которая в последствии расширилась и получила название лаборатории *сдвижения горных пород, охраны природных и инженерных объектов*. Под руководством Мурата Газизовича были проведены ряд НИР, направленных на определение характера *сдвижения горных пород* и охрану объектов на земной поверхности при подработках в различных регионах. География этих работ охватывает основные угольные бассейны России, Казахстана и Украины.

М.Г. Мустафиным разработаны программные комплексы «НЕДРА» по моделированию геомеханического состояния массива горных пород и «Массив» по расчету параметров мульды сдвижения при подземных разработках угольных месторождений.

В дальнейшей своей работе в Санкт-Петербургском горном университете Мурат Газизович опирается на богатейший опыт, приобретённый на производстве и во ВНИМИ. В Санкт-Петербургском горном университете он работает с 2008 года по настоящее время. С 2009 года он является заведующим кафедрой инженерной геодезии.

М.Г. Мустафин входит в состав экспертного Совета ВАК РФ, диссертационного Совета при Горном университете и Общественного совета при Комитете имущественных отношений Санкт-Петербурга. Таким образом, в настоящее время М.Г. Мустафин является крупным специалистом в области маркшейдерского дела, геомеханики и геодезии. С его участием подготовлено более 100 научных, нормативных и учебно-методических работ, в том числе целый ряд практических рекомендаций по безопасному ведению горных работ на карьерах, шахтах и рудниках; 2 монографии, учебник по прикладной геодезии и два патента на изобретение. Под его научным руководством защищено 8 кандидатских диссертаций. В качестве приглашенного профессора читал лекции в университетах Казахстана и Эстонии. Пользуется большим уважением и авторитетом у научных специалистов, преподавателей и студентов, известен как учёный далеко за пределами Санкт-Петербурга.

Редакция журнала «Маркшейдерский вестник» сердечно поздравляет Мурата Газизовича Мустафина с юбилеем и вместе с его друзьями и коллегами желает ему здоровья, семейного благополучия и новых больших успехов в науке и педагогической деятельности!



И.И. Ерилова

ИТОГИ РАБОТЫ СЕССИИ 1.2 «ПРОБЛЕМЫ МАРКШЕЙДЕРИИ, ГЕОМЕТРИЯ И КВАЛИМЕТРИЯ НЕДР» ЮБИЛЕЙНОГО XXV МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СИМПОЗИУМА «НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА-2017»

Юбилейный XXV Международный научный симпозиум прошел с 23 по 27 января 2017 года в Горном институте Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Организаторами симпозиума совместно с Горным институтом НИТУ «МИСиС» выступили Институт проблем комплексного освоения недр РАН и Научный совет РАН по проблемам горных наук. Генеральным спонсором мероприятия выступило АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим».

В работе симпозиума традиционно приняли участие видные учёные академической, вузовской и отраслевой наук, представители национальных и зарубежных высших учебных заведений, научных и промышленных организаций и предприятий России и стран ближнего и дальнего зарубежья.

Особенностью прошедшего юбилейного симпозиума стало добавление к традиционной программе мероприятия девяти пленарных заседаний по научным направлениям.

Общее пленарное заседание симпозиума 24 января в Актовом зале Горного института НИТУ «МИСиС» открыла ректор

университета, профессор, д.э.н. А.А. Черникова. Участникам были оглашены приветствия Министерств Экономического развития РФ и Природных ресурсов и экологии РФ.

На пленарном заседании были заслушаны доклады: ректора НИТУ «МИСиС», профессора, д.э.н. А.А. Черниковой «Развитие горного образования и науки в НИТУ «МИСиС», директора ИПКОН РАН, член-корр. РАН В.Н. Захарова «Научные основы и практическая реализация современных геотехнологий», члена совета директоров Международной угольной ассоциации, научного руководителя Центра стратегического менеджмента и конъюнктуры сырьевых рынков НИТУ «МИСиС», Председателя совета директоров ООО «Каракан-Инвест», заслуженного экономиста России Г.Л. Краснянского «20 лет реструктуризации угольной отрасли России. Итоги» и другие.

Во второй половине дня, 24 января, открыли работу 9 пленарных заседаний по научным направлениям:

Сессия 1 – «Горнопромышленная геология.

Геометрия недр. Маркшейдерское дело»,



Президиум юбилейного XXV Международного научного симпозиума «Неделя горняка-2017»



Пленарное заседание юбилейного XXV Международного научного симпозиума «Неделя горняка-2017» в актовом зале Горного института НИТУ «МИСиС»

- Сессия 2** – «Геофизика. Геодинамика. Разрушение горных пород»,
- Сессия 3** – «Безопасность горного производства. Аэрология. Газодинамика»,
- Сессия 4** – «Геотехнология. Проектирование горнотехнических систем»,
- Сессия 5** – «Горное оборудование, электротехнические системы»,
- Сессия 6** – Обогащение и глубокая переработка полезных ископаемых»,
- Сессия 7** – «Экология. Ресурсосбережение»,
- Сессия 8** – «Геоинформатика. Автоматизированные системы»,
- Сессия 9** – «Экономика и менеджмент горного производства».

Также в рамках «Недели горняка-2017» прошли заседания: Совета Федерального учебно-методического объединения в системе высшего образования по укрупнённой группе специальностей и направлений подготовки 21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия; Научного совета РАН по проблемам использования взрывов в народнохозяйственных целях и Научного совета РАН по проблемам горных наук.

Были проведены семь круглых столов: «Развитие сотрудничества: инновации, риски, эффективность»; «Экологические проблемы утилизации промышленных отходов горной и горно-перерабатывающей промышленности»; «Международное сотрудничество в области горного дела, экологии и рационального природопользования: образование, наука, технологии, производство»; «Перспективные транспортные системы для отработки карьеров на Арктических и Северных территориях РФ»; «Совместные научно-исследовательские проекты ученых МИСиС и Республики Казахстан в горно-металлургической отрасли»; «Современные проблемы проектирования и строительства при освоении подземного пространства недр и крупных городов»; «Горная промышленность в России: история и современность».

Прошли презентации, выставки, деловые встречи, посещение геологического музея, экскурсии на кафедры, встречи с преподавателями, научными сотрудниками, инженерами, аспирантами и студентами Горного института НИТУ «МИСиС».

В составе Сессии 1 «Горнопромышленная геология. Геометрия недр. Маркшейдерское дело» работали: Сессия 1.1 «Горнопромышленная геология», Сессия 1.2. «Проблемы маркшейдерии, геометрия и квалитметрия недр», Сессия 1.3. «Природный камень. Дизайн. Технологии».

На пленарном заседании Сессии 1 были заслушаны доклады: «Совершенствование удалённого автоматизированного контроля откосных сооружений на горных предприятиях» (авторы В.В. Мосейкин, А.М. Гальперин, В.В. Ческидов, С.А. Пуневский (ГИ НИТУ «МИСиС»), докладчик – проф., д.т.н. А.М. Гальперин); «Инженерно-геологические условия внешнего отвалообразования на разрезах Кузбаса» (авторы Ю.И. Кутепов, А.Д. Васильева (СПГУ), докладчик – доц., к.т.н. А.Д. Васильева); «Физико-химические параметры кварца как индикаторы генезиса и качества кварцевого сырья» (автор и докладчик – проф., д.т.н. Е.П. Мельников (ЭкоТех НИТУ «МИСиС»).

Программа работы Сессии 1.2 «Проблемы маркшейдерии, геометрия и квалитметрия недр» (модераторы – проф., д.т.н. М.А. Иофис, доц., к.т.н. Г.О. Абрамян, секретарь – ст. преп. И.И. Ерилова) XXV-го Международного научного симпозиума «Неделя горняка-2017» включала 39 очных и заочных докладов. Всего на заседаниях Сессии 1.2 было презентовано и обсуждено 23 доклада в форме мультимедийных презентаций, в том числе 7 докладов дополнительно к программе.

Общее количество участников работы Сессии 1.2., в течение утренних и вечерних плановых заседаний 25 и 26 января, составило более 50 человек.

В работе Сессии приняли участие представители:

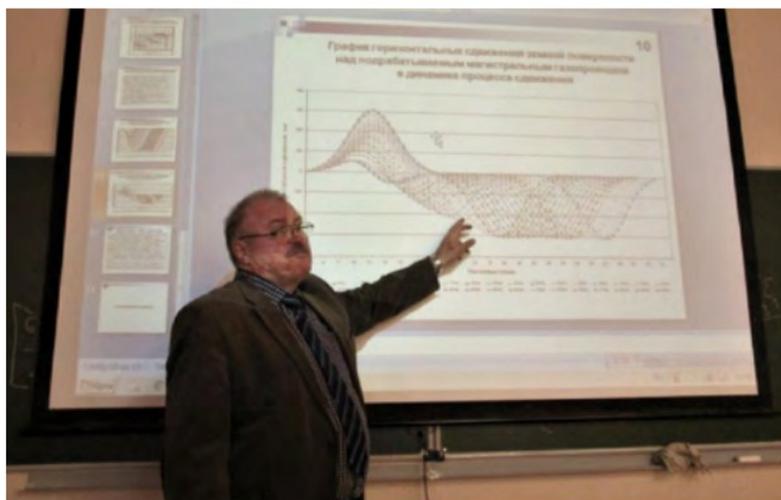
- *научных и научно-исследовательских институтов и организаций:* ФБГУН ИПКОН РАН, ИГДГиГ СФУ, АО «ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского, ИФЗ РАН, АО ВНИПИпт, РАНИМИ (ДНР, Украина), Академии горных наук Украины, ИМГРЭ, НЦ ГППП СПГУ, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»;
- *национальных университетов (учебных институтов):* СПГУ, РУДН, ТашГТУ (Узбекистан), КазНИТУ им К.И. Сатпаева (Казахстан), ВТУ им. Г.Агриколы (Германия), СПУ ГПС МЧС России, Криворожского НУ (Украина), КузГТУ, МИВЛГУ, Казахский НУ им. Аль-Фараби (Казахстан), МГПУ, РГГУ им. С.Орджоникидзе, МГТУ им. Г.И. Носова, СФУ;
- *предприятий:* НПП ОАО «СУЭК-Кузбасс», ОАО «СУЭК-Кузбасс» Шахтоуправление им. А.Д. Рубана, ООО ГРП «ЮГРЮМ-РЕКА», R&K Geo-Engineering Ltd. (Германия), ООО «Бентли Системс», ТОО «Казцинк» (Казахстан), ТОО «Корпорация Казахмыс» (Казахстан), ООО «Газпром «Геотехнологии», ООО «Газпром ПХГ»;
- преподаватели, аспиранты и студенты кафедры «Геологии и маркшейдерского дела», других кафедр ГИ НИТУ «МИСиС».

В работе Сессии участвовали ученые и специалисты зарубежных стран: *Германии:* проф., д.т.н. В. Штеллинг, Х. Мариенхольц, к.т.н. В.В. Одабаи-Фард (Высшая школа технических наук им. Георга Агриколы), управляющий директор д.т.н. Г. Рафат (компания «R&K Geo-Engineering Ltd»); *Казахстана:* главный маркшейдер Б. Нурсултан (ТОО «Корпорация Казахмыс»), ведущий специалист горного производства (УГП) П.В. Заичкин (ТОО «Казцинк»); ДНР, *Украина:* д.т.н. Н.Н. Грищенко (РАННИМИ).

В работе Сессии принимал участие Главный редактор журнала «Маркшейдерский вестник» С.И. Капитонов.

Открыл работу Сессии 1.2 и руководил её работой модератор – профессор д.т.н. М.А. Иофис.

Темы докладов Сессии касались основных актуальных вопросов и современных проблем маркшейдерии, геомеханики, геометрии недр, ГИС, использования новейшего оборудования и программного обеспечения в геодезии и маркшейдерском деле, развития и применения спутниковых технологий, а также вопросов совершенствования подготовки высококвалифицированных горных инженеров. В частности: классификации методов геомеханического обеспечения горных работ в сложных условиях; оценки напряженного состояния разломных зон по данным геомониторинга; использовании беспилотных летательных аппаратов и фотограмметрии для выполнения высокоточных съемок; использовании спутнико-



**Докладчик Сессии 1.2 проф., д.т.н. Н.Н.Грищенко
(РАНИМИ, ДНР, Украина)**



**Докладчик Сессии 1.2 проф., д.т.н. В.Штеллинг
(ВТУ им. Г. Агриколлы, Германия)**

вой геодезии для анализа деформаций земной поверхности; применения современных программных продуктов для расчетов карьерных откосов и отвалов; построения 3D-моделей месторождений; спектрально-временного анализа светодальномерных наблюдений геомеханических полигонов; применения радиолакационных данных при проведении маркшейдерских работ на нефтегазовых месторождениях; подготовки специалистов в рамках реализации проекта Micromine-ВУЗ; развития образовательного проекта смешанного электронного обучения дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия» и других.

Наибольший интерес и активное обсуждение вызвали доклады:

- М.А. Иофис, А.В. Есина (ФГБУН ИПКОН РАН): «Классификация методов геомеханического обеспечения горных работ в сложных условиях»;
- В. Штеллинг (ВТУ им. Г. Агриколлы, Германия): «Высокоточная съемка посредством беспилотных летательных аппаратов»;
- Г.О. Абрамян, асп. Д.К. Кузьмин, студ. И.К. Кузьмин (ГИ НИТУ «МИСиС»), Ю.О. Кузьмин (ИФЗ РАН): «Напряженное состояние разломных зон по данным геодинимического мониторинга месторождений углеводородов»;
- Н.Н. Грищенко, Е.В. Блинникова (РАНИМИ, ДНР, Украина): «Маркшейдерское обеспечение охраны трубопроводных коммуникаций на подрабатываемых территориях».

Участниками Сессии, помимо известных учёных и маркшейдеров горных предприятий, были аспиранты и студенты.

В программе семинара предварительно было заявлено 8 докладов аспирантов (в очной и заочной формах): Горный институт НИТИ «МИСиС» – 2; СПГИ – 3; РУДН – 1; Криворожский НУ (Украина) – 1; СФУ-1. Свои доклады презентовали:

- 3 аспиранта: Д.К. Кузьмин, О.А. Веселова (ГИ НИТУ «МИСиС») и Е.Н. Грищенко (СПГУ);
- 3 студента: Т.М. Куликов (5 курс, ГИ НИТУ «МИСиС»), Т.В. Зайцева (5 курс, РУДН) и Ю.А. Одякова (3 курс, РУДН).

Доклады Сессии 1.2 рекомендованы к публикациям в Горном информационно-аналитическом бюллетене, журналах «Маркшейдерский вестник» и «Маркшейдерия и недропользование».



**Секретарь Сессии 1.2. ст. преп. И.И. Ерилова с шеф-редактором
журнала «Маркшейдерский вестник» С.И. Капитоновым**



**Секретарь Сессии 1.2. ст. преп. И.И. Ерилова
с представителями ВТУ им. Г. Агриколлы (Германия)**

Ирина Игоревна Ерилова, ст. преподаватель кафедры «Геологии и маркшейдерского дела» Горного института НИТУ «МИСиС», секретарь Сессии 1.2 НГ-2017, E-mail: irina-erilova@yandex.ru

НПК «БАЙГЕО» СЧИТАЕТ ПЕРСПЕКТИВНЫМ ВНЕДРЕНИЕ РАДАРНОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИАНГАРЬЕ

Сотрудники Научно-производственной компании «БАЙГЕО» считают перспективным использование радарной съемки для мониторинга геодинамических полигонов на нефтегазовых месторождениях Иркутской области. Как подчеркнул заместитель директора по производству НПК «БАЙГЕО» Семен Гриднев, спутниковая радарная интерферометрия позволит более оперативно получать данные о деформационных явлениях. А это, в свою очередь, обеспечит наибольшую экономическую эффективность, экологическую и геодинамическую безопасность длительной разработки месторождений углеводородов.

«Наша компания имеет большой опыт проектирования и создания геодинамических полигонов, которые необходимы в целях промышленной безопасности и охраны недр. Мы обслуживаем практически все нефтяные и нефтегазоконденсатные месторождения Иркутской нефтяной компании (ИНК) - Ярактинское, Даниловское, Марковское, Ичѐдинское, Западно-Аянское, имени Бориса Синявского. В настоящее время продолжаем работы по созданию геодинамического полигона на Большетирском месторождении. Поскольку это весьма масштабные по площади (сотни квадратных километров) проекты, то методами геодезических измерений мониторинг проводить сложно. Применение радарной съемки из космоса позволит частично отступить от традиционных геодезических измерений, а на отдельных участках – совсем отказаться от них. Радарная съемка предусматривает установку на геодезических пунктах угловых отражателей, которые будут постоянно видны со спутника.

С технологической точки зрения использование радарных данных эффективнее, так как съемку можно прово-



дить более часто, захватывая значительную территорию. Интерферометрия позволяет улавливать миллиметровые смещения. Перспективность этого метода также заключается в том, что интерферометрия практически всепогодная и не зависит от времени суток. В мировом опыте применение радарных данных уже доказало свою состоятельность в самых разных отраслях.

Сложность заключается в том, что в инструкциях по производству маркшейдерских работ, которые мы обязаны соблюдать, прописано: геодинамический полигон должен состоять из линий нивелирования второго класса. Поэтому даже если мы применим новые передовые технологии, то эти линии нужно будет обеспечить. Трудно развиваться профессионально при наличии устаревших стандартов. Мы сейчас не имеем внятной документации даже по созданию сетей и наблюдению с помощью GPS/GLONASS – технологии, которая активно применяется





отечественными компаниями (есть отдельные слабые инструкции). Российская маркшейдерия и геодезия страдают от отсутствия современной нормативной документации», – сообщил Семен Гриднев.

По его данным, на сегодняшний день на месторождениях Иркутской нефтяной компании специалисты НПК «БАЙГЕО» создали около 500 геодезических пунктов глубокой закладки.

«Все месторождения нефти и газа разрабатываются в сопровождении системы эколого-геодинамического мониторинга. Проекты строительства каждой новой скважины должны включать сведения о напряженно-деформированном состоянии массива горных пород, активности современных тектонических движений. Информацию о процессе деформации земной поверхности, оседании грунта или его вспучивании в результате влияния добычи нефти и газа мы сейчас получаем с помощью специальных инструментальных геодезических обследований.

Геодинамические полигоны представляют собой систему наблюдений за геодинамикой. Это очень ответственная задача, поскольку построено очень много нефте-газопроводов. Однако имеется определенный предел растяжения. Сильное проседание грунта может привести к серьезной аварии, не исключена и экологическая катастрофа. Если зарегистрированы подвижки земной коры в месте, где сконцентрированы нефтеперерабатывающие заводы, то существует опасность, что сместится оборудование.

Геодинамические полигоны обычно состоят из линий нивелирования, по которым на глубину более четырех метров закладываются геодезические пункты. На каждом месторождении маркшейдерам приходится учитывать определенные особенности: характер проекта, геологические условия залегания пласта, тектонические нарушения. Например, на Даниловском месторождении ИНК мы создали около 90 подобных пунктов. В зависимости от тектонических подвижек, с периодичностью раз в год или раз в два года, мы проводим геодезические наблю-



дения методами GPS/GLONASS-измерений и методами высокоточного нивелирования. В январе наша бригада обеспечила мониторинг на месторождении имени Бориса Синявского и произвела закладки на Большетирском месторождении», – рассказал Семен Гриднев.

В процессе измерений используется самое современное на сегодняшний день геодезическое оборудование (GNSS оборудование Trimble R8-4, PrinCe i80 CHC и нивелиры Trimble DINI 03).

Технические мощности «БАЙГЕО» позволяют создавать геодинамические полигоны в самых сложных природных условиях. В арсенале компании буровая установка, несколько вездеходов, снегоход, вспомогательные автомобили. При создании геополгона в болотистой или горной труднопроходимой местности, куда сложно доставить буровую установку, привлекается дополнительная техника.

 TOPCON SOKKIA



Поставка геодезического оборудования и программного обеспечения.

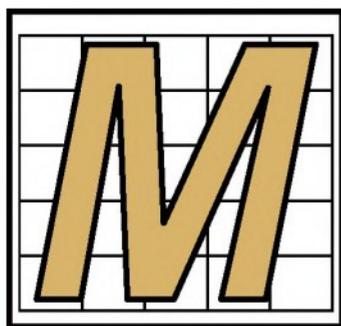


ЗАО «Геодезические приборы»

197101, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Монетная, д. 16

Тел./факс: (812) 363-4323 office@geopribori.ru

www.geopribori.ru



МАРКШЕЙДЕРСКИЙ
ВЕСТНИК
MINE SURVEYING BULLETIN

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!
ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ ПОДПИСАТЬСЯ НА НТИП ЖУРНАЛ
«МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК»

Научный и производственный журнал «Маркшейдерский вестник» уже 25 лет является профессиональным изданием, оказывающим информационную поддержку деятельности маркшейдерских служб и специализированных организаций по всему комплексу маркшейдерского обеспечения разработки месторождений полезных ископаемых и горно-строительных работ.



Журнал публикует информацию, касающуюся:

- ◆ законодательной базы недропользования, аспектов освоения недр, проблем обеспечения безопасности горного производства и социальной защищенности специалистов горно- и нефтедобывающих организаций;
- ◆ новых технологий, технических средств, программного обеспечения и прогрессивных методов получения, ведения и хранения горной документации;
- ◆ научных исследований в области маркшейдерского искусства;
- ◆ обмена производственным опытом;
- ◆ сырьевой базы горной промышленности России, а также мирового и внутреннего рынков металлов, минералов и топлива.

Среди наших авторов - ведущие ученые страны, руководители и специалисты министерств и ведомств, научно-исследовательских институтов, опытные производственники, высокий профессиональный уровень и владение самыми современными технологиями которых позволяет профессионально и доступно донести свои знания до широкой аудитории.

«Маркшейдерский вестник» входит в список ВАК и публикуемые в нем статьи диссертанты могут включать в перечень своих научных трудов.

Выходит журнал один раз в 2 месяца (6 раз в год) форматом «А4» и объемом до 72 страниц.

Журнал рассылается по подписке на предприятия, в научные учреждения, в организации и частным лицам на территории России и стран СНГ.

Подписаться на журнал можно в отделениях связи, по индексам:

в каталоге ОАО «Роспечать» 71675;

в каталоге «Пресса России» 90949;

в каталоге «Урал-Пресс» 71675;

в интернет-каталоге «АРЗИ» Э90949.

Ссылка на каталог для подписки онлайн: <http://www.akc.ru/itm/marksheiderskiy-vestnik/>.

На 2017 год стоимость одного номера журнала составит 1534 рубля, без НДС. Стоимость годовой подписки 9204 рубля, без НДС.

Подписка через редакцию принимается с любого текущего номера. Для оформления подписки необходимо отправить заявку по E-mail: mark_vestnik@mail.ru, получить и оплатить счёт на сумму предоплаты согласно каталожной цене журнала, указав точный почтовый адрес, а также должность и фамилию получателя.

Уважаемые рекламодатели НТИП журнала «МВ»!

Информируем Вас, что расценки за публикацию реклам и информации в 2017 г. составляют:
в формате А4 – 20 тыс. руб. + НДС – полноцветная реклама;

– 10 тыс. руб. + НДС – черно-белая реклама.

в формате А5 – 10 тыс. руб. + НДС – полноцветная реклама;

– 6 тыс. руб. + НДС – черно-белая реклама.

Приглашаем вас к активному участию в формировании тематической направленности публикаций, обсуждению ключевых проблем горного производства России!





КИТРЕЙД

ваш ключ к инновациям



УКАЗАТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫЙ УНЛ-01

**УКАЗАТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫЙ УНЛ-01
ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И
НАКЛОННЫХ ОПОРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ТОННЕЛЯХ И ГОРНЫХ
ВЫРАБОТКАХ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОПАСНЫХ ПО РУДНИЧНОМУ ГАЗУ И/ИЛИ
ГОРЮЧЕЙ ПЫЛИ.**

- проведение тоннелей и выработок с высокой точностью;
- широкий диапазон действия - от 10 до 500 м при сохранении размеров ядра центральной лазерной марки до 25 мм;
- точность и удобство настройки благодаря наличию теодолита в сборе с лазерным модулем;
- простота в обращении;
- прочный и легкий корпус;
- степень защиты оболочкой - IP54;
- вид и уровень взрывозащиты - РВ Exia I X;
- компактные размеры;
- различные варианты установки:
 - на кронштейне, закреплённом на стене выработки;
 - на геодезическом штативе;
- может поставляться без теодолита, с переходной пластиной для крепления, либо другим геодезическим инструментом, указанным заказчиком;
- источником питания служит аккумуляторная батарея головного светильника СВГ-6А. Зарядка батареи – на зарядном столе ламповой. Время свечения лазера от полностью заряженной батареи - не менее 4 суток;
- сертифицирован в системе ГОСТ Р.



**ОБОРУДОВАНИЕ И РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Компания "КИТРЕЙД"

пр. Дзержинского, 69/2, офис 321
г. Минск, 220116, Республика Беларусь
Тел. (+375 17) 277 03 01
Факс (+375 17) 277 02 96
e-mail: info@keytrade.by
www.keytrade.by