

Журнал издается 22-й год (с 1992 г.) и продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу, выходявших в России и СССР в 1910-1936 гг.

Издатель – **ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»**
Генеральный директор,
кандидат экономических наук
Потылицын Виталий Алексеевич

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

Члены Редсовета:

А.В.Гальянов	Козловский Е.А.
Гордеев В.А.	Кузьмин Ю.О.
Гусев В.Н.	Макаров Б.Л.
Загибалов А.В.	Макаров А.Б.
Залялов И.М.	Милетенко Н.А.
Зимич В.С.	Навитный А.М.
Зыков В.С.	Стрельцов В.И.
Казикаев Д.М.	Толпегин Ю.Г.
Калинченко В.М.	Трубчанинов А.Д.
Кашников Ю.А.	Черепнов А.Н.
Киселевский Е.В.	Юнаков Ю.Л.

Редакция:

Главный редактор
КАПИТОНОВ Сергей Иванович
тел.8-916-919-82-71

Зам.главного редактора и корректор
НИКИФОРОВА Ирина Львовна
тел.8-926-247-32-51

Технический редактор
МОЛОДЫХ Ирина Валерьевна

Дизайн
ПОСАЖЕННИКОВ Алексей
Викторович

Адрес: 129515, Москва, а/я №51 –
«Гипроцветмет»–МВ,
ул.Акад.Королева, 13, стр.1 оф.607

Тел/факс: (495) 616-95-55-МВ
Тел. (495) 600-32-00 доб.14-19
E-mail: office@giprocm.ru
<http://www.giprocm.ru>

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 22.09.2014 г.

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
открытой публикации, несут ответст-
венность авторы.
Мнения авторов могут не совпадать с
мнением редакции.
Рукописи не возвращаются!

Ордена им.В.Н.Татищева «За пользу Отечеству»
НТИП журнал

МВ АРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК

№5 (102), сентябрь – октябрь, 2014 г.

Учредители:
СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
СОЮЗ ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКОВ
ГИПРОЦВЕТМЕТ

Журнал входит в перечень ве-
дущих научных изданий ВАК
Минобразования и науки РФ

«Кто не дерзает, тот проигрывает»

Петр Великий

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

- **85 лет ГИПРОЦВЕТМЕТУ**
- **ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**
- **ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС**
- **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ**
- **ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ**
- **ЮБИЛЕИ**
- **ИНФОРМАЦИЯ**

Учредители, издатель, редакционный совет и редакция научно-технического и производственного журнала «Маркшейдерский вестник» сердечно поздравляют наших читателей с праздниками: 7 сентября – Днем работников нефтяной и газовой промышленности; 13 сентября – Днем маркшейдера.

Желаем всем нашим недропользователям и их семьям доброго здоровья, успехов в труде, благополучия и личного счастья!

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
– 85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ	
В.А.Потылицын. Институт «Гипроцветмет» - 85 лет в развитии отечественной цветной металлургии.....	5
Е.Г.Фурсов. Научная деятельность института «Гипроцветмет».....	10
Ю.А.Малютин. Геологические основы трехмерного моделирования месторождений твердых полезных ископаемых.....	13
В.А.Потылицын, М.Э.Денисов, Б.П.Руднев, М.Ю.Федотова. Предполагаемые технологии переработки Au руд месторождения «Сухой Лог».....	18
В.Ю.Харитонов, М.А. Шадрин, М.Н.Миронова. Метод сравнительной оценки эффективности отработки карьеров	21
– ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	
М.В.Рыльникова, И.С.Туркин. О перспективах строительства подземной гидроэлектростанции в районе ликвидируемых шахт.....	24
– ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС	
А.В.Гальянов. О ключевых понятиях теории оценки точности результатов непосредственных измерений.....	28
А.Г.Алексенко, А.В.Зубов. Проектирование маркшейдерско-геодезических сетей с учётом параметров надёжности	31
Н.В.Подкуйко, С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, Г.С.Курчин, Е.С.Майоров. Особенности нормирования потерь и разубоживания при отработке богатых руд второй южной линзы шахты «Маяк» рудника «Комсомольский»	34
Ю.П.Куренёв, Т.Н.Малик. О концепции развития системы нормальных высот Демьянова Г.В.	41
П.В.Яковлев, Е.А.Тухель, О.А.Веселова. О совершенствовании методов спутниковых высотных определений	45
Н.С.Белов, И.И.Волкова, Т.В.Шаплыгина, А.Р.Данченков. Специфика применения технологии наземного лазерного сканирования при мониторинге береговой зоны	49
– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ	
Ю.И.Кантемиров, А.Т.Камза, А.М.Бермуханова, А.Ж.Тогайбеков, М.А.Сапарбекова, С.Э.Никифоров. Опыт использования технологии радарной интерферометрии в контроле смещений земной поверхности в условиях наличия водной среды и соровых участков	52
В.Н.Гусев, А.Е.Журавлёв. Вывод переходной функции на основе теоретической взаимосвязи между деформациями кривизны, полученными при различных интервалах	56
В.М.Цаплев, Р.М.Иванюк, В.В.Зверевич, Г.П.Жуков. Нестационарные упругие характеристики горных пород.....	60
– ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ	63
– ЮБИЛЕИ	67
– ИНФОРМАЦИЯ	68

УДК 669.2/.8

В.А.Потылицын

ИНСТИТУТ «ГИПРОЦВЕТМЕТ» - 85 ЛЕТ В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



Один из старейших в России проектных институтов – Государственный институт по проектированию предприятий цветной металлургии (сокращенно «Гипроцветмет») был создан приказом ВСНХ СССР от 14 сентября 1929 г. на основании Постановления Совета Труда и Оборона от 2 августа 1929 г.

цинковой подотраслей промышленности в нашей стране и за рубежом. В настоящее время ОАО «Гипроцветмет» входит в состав ГК «Ростехнологии».

История создания института «Гипроцветмет» началась в 1929 г., когда для развития отечественной промышленности и укрепления обороноспособности страны необходимо было восстановить и расширить действующие предприятия цветной металлургии, а также начать строительство новых предприятий.

До 1929 г. проектирование предприятий цветной металлургии велось институтом «Гипромез». Одновременно «Гипромез» занимался разработкой проектов для черной металлургии, машиностроения и других отраслей активно развивающейся промышленности молодой республики. Объективно требовалось создать новый специализированный институт для проектирования предприятий цветной металлургии.

Инициатором создания Гипроцветмета и его первым директором стал видный инженер и организатор цветной металлургии И.С.Харитоненков. В разное время руководителями института были: Б.Л.Колесников, В.А.Ванюков, С.А.Польковский, Я.П.Подольский, Е.И.Дук, Е.Н.Деречей, Л.М.Газарян, К.Н.Маков, Н.П.Есинчук, Н.П.Ольхов, А.А.Ревазов, М.Г.Седлов, А.М.Птицын. Им институт во многом обязан своей ролью в становлении и развитии цветной металлургии. Они направляли техническую политику института, воспитывали кадры и мобилизовали коллектив на решение актуальных и сложных задач [1].

Таким образом, после революции Гипроцветмет стал первым проектным институтом цветной металлургии, организованным в СССР, и родоначальником целого ряда самостоятельных проектных и научно-исследовательских институтов для бурно развивающейся отрасли цветной металлургии.

В 30-х годах на базе Гипроцветмета и его Ленинградского и Уральского отделений были созданы проектные и научно-исследовательские институты – Гипроникель, Гипроалюминий (ныне ВАМИ), Унипромедь, Гипрозолото, Гипроредмет (ныне Гиредмет), Гипроцветметобработка.

Организованные после Великой Отечественной войны филиалы Гипроцветмета в городах Усть-Каменогорске, Ташкенте, Орджоникидзе, Ереване и Жезказгане в 1957-1958 гг. также впоследствии преобразованы в самостоятельные институты.

Несмотря на чрезвычайные трудности, сопутствовавшие организации Гипроцветмета, институту удалось в кратчайшие сроки обеспечить проектной документацией важнейшие стройки цветной метал-



Первое здание, в котором располагался институт, Москва, Смоленская-Сенная пл., 30

За 85 лет плодотворной деятельности по проектам Гипроцветмета построено и реконструировано более 60 крупных предприятий. Выполненные Гипроцветметом за эти годы проекты и научно-исследовательские работы отличаются глубиной проработки, прогрессивными решениями и высокими технико-экономическими показателями. Важнейшие научно-технические разработки и проекты, созданные в содружестве с проектируемыми и построенными предприятиями и другими организациями, удостоены Ленинских и Государственных премий СССР и премий Совета Министров СССР. За большие заслуги в создании и становлении отечественной цветной металлургии институт в 1979 г. был награжден орденом Трудового Красного Знамени, а за заслуги в создании цветной металлургии Болгарской Народной Республики - орденом Георгия Димитрова.

Сегодня Гипроцветмет, преобразованный в ОАО «Гипроцветмет», является одним из ведущих институтов Российской Федерации по проектированию предприятий цветной металлургии и генеральным проектировщиком в области медной и свинцово-

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

лургии 1930-х годов. На базе разведанных запасов меди Коунрадского и Жезказганского месторождений Гипроцветмет создал в Казахстане первые мощные горно-металлургические комбинаты (ГМК): Балхашский и Жезказганский.



Коунрадский карьер Балхашского горно-металлургического комбината



Конвертерное отделение Жезказганского металлургического завода

За последующие годы Гипроцветмет внес значительный вклад в становление и развитие отечественной цветной металлургии: в сжатые сроки им решены важнейшие проблемы комплексного освоения медных и полиметаллических руд Центрального, Восточного и Южного Казахстана, Южного Урала, Средней Азии, Закавказья, Восточной Сибири.

В послевоенные годы на Рудном Алтае были расширены и созданы Лениногорский полиметаллический, Зыряновский свинцовый, Усть-Каменогорский свинцово-цинковый, Иртышский полиметаллический комбинаты и другие предприятия цветной металлургии.

В Южном Казахстане на базе Ачисайского месторождения по проектам Гипроцветмета построены горно-обогатительное предприятие и Шимкентский свинцовый завод, обеспечивающий во время Великой Отечественной Войны страну свинцом.

На базе Алтын-Топканского свинцово-цинкового месторождения, крупного Кальмакырского месторождения медно-порфировой руды по проекту Гипроцветмета был построен Алмалыкский ГМК, включаю-

щий карьеры, рудники, обогатительные фабрики, медеплавильный и цинковый заводы [2].

В выполненных Гипроцветметом в эти годы проектах предусматривается широкое применение прогрессивных научно-технических достижений, ресурсо- и энергосберегающих технологий и оборудования, экономичных объёмно-планировочных решений и передовых методов организации производства.

Так в горном деле при проектировании рудника «Глубокий» Ачисайского комбината был разработан ряд принципиально новых решений, не имеющих аналогов, как на отечественных, так и на зарубежных предприятиях.

В 70-х годах институтом были разработаны технические решения и проекты по внедрению самоходного оборудования на 23 действующих рудниках цветной металлургии.

С целью интенсификации развития горных работ Гипроцветмет внедрил комбинированную разработку одновременно открытым и подземным способом Алтын-Топканского, Лениногорского, Зыряновского месторождений.

Для карьера «Кальмакыр» Алмалыкского ГМК, учитывая последние достижения в области циклично-поточных технологий (ЦПТ), запроектировано использование передвижных дробилок на борту карьера, что делает дробильно-конвейерный комплекс более мобильным.

Также в проектах Гипроцветмета предусмотрено широкое внедрение высокопроизводительных систем с закладкой выработанного пространства, что явилось во многом эффективным и прогрессивным решением.

Одним из наиболее важных направлений проектных работ института в области металлургии остается разработка и внедрение малоотходных, экологически чистых, ресурсосберегающих технологий. Это, прежде всего, автогенные процессы: кислородно-факельная плавка (КФП), внедрённая на Алмалыкском ГМК, плавка в жидкой ванне (процесс плавки Ванюкова) для медного сырья, внедрённая на Балхашском и Норильском ГМК, КИВЦЭТ процесс для свинцово-содержащего сырья, внедрённый на Шимкентском свинцовом заводе.

Заметным достижением отечественной металлургии стало строительство по проекту Гипроцветмета крупнейшего Жезказганского медеплавильного завода, где успешно внедрён процесс электроплавки жезказганских малосернистых медных концентратов [3].

Важнейшие научно-технические разработки и проекты, созданные в содружестве с проектируемыми и построенными предприятиями и другими организациями, удостоены высокими государственными наградами:

– Ленинской Премией (1960 г.) – за разработку проекта Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината и достижение высоких технико-экономических показателей;

– дважды Государственной Премией (1969-1970 гг.) – за внедрение новой прогрессивной технологии и достижение высоких показателей комплексной переработки сырья на Балхашском ГМК;

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

- Премиями Совета Министров СССР:
- за разработку проекта и строительство меде-электролитного производства Джебказганского ГМК(1972 г.);
- за разработку проекта и строительство первой очереди системы водоснабжения Балхашского промрайона(1972 г.);
- за разработку проекта и строительство Алмалыкского цинкового завода(1975 г.);
- за разработку проекта и строительство рудника «Глубокий» комбината «Ачполиметалл»(1977 г.).

Гипроцветмет имеет многолетний успешный опыт работы за рубежом. С первых годов своего существования институт активно сотрудничает с иностранными партнерами. И если в 30-40 годах прошлого века это сводилось к привлечению иностранных специалистов и освоению зарубежного опыта работы в проектировании и применению передовой техники, то, начиная с 50-х годов, коллектив института начинает проектирование зарубежных объектов. В Болгарии практически все предприятия цветной металлургии были построены по проектам Гипроцветмета.

Особое место в работах Гипроцветмета отводится предприятию «Эрдэнэт» в Монгольской Народной Республике, построенному по проекту института в 1978 г. С основания СП «Эрдэнэт» и до настоящего времени институт активно участвует в определении основных технических направлений развития комбината.

Всего по проектам, выполненным специалистами института, построены и реконструированы предприятия и объекты цветной металлургии в 20 странах:

АЛЖИР: ГОК «Джеббель-Ишмуль», ГОК «Эль-Абед»;

АЛБАНИЯ: реконструкция хромитового рудника Бульчиза;

АРМЕНИЯ: Каджаранский и Агаракский медно-молибденовые комбинаты, Алавердский медеплавильный завод;

АФГАНИСТАН: Горно-обогатительный и медеплавильный комбинат «Айнак»;

БОЛГАРИЯ: Горно-обогатительное предприятие «Горубсо», ГОК «Медет», «Ерма-Река» и «Асарел», свинцово-цинковый комбинат им.Димитрова (Кырджали), комбинат цветных металлов им.Благоева (Пловдив), медеплавильный комбинат им.Дамянова;

БОЛИВИЯ: цинковый завод для фирмы «ЭНАФ»;

ВЕНГРИЯ: медный горно-металлургический комбинат в районе Речк;

ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО: свинцово-цинковый ГОК «Мфуати», рудники «Дженгиле» и «Янги Кубенза»;

ЕГИПЕТ: цинковый рудник Ун-Гек, цинковый завод в г.Суэц;

ИНДИЯ: медный горно-обогатительный комбинат «Маланджханд»;

ИРАН: свинцово-цинковый комбинат «Эмарат»;

ИТАЛИЯ: печь КИВЦЭТ-ЦС для свинцового завода «Порту-Везме» итальянской фирмы «Снампрожетти»;

КАЗАХСТАН: Балхашский и Жезказганский ГМК, Шимкентский свинцовый завод, Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат, Алтын-Топкайский, Зыряновский и Текелийский ГОК, Ачисайский и Ленино-

горский полиметаллические комбинаты, рудники Майкаин и Алпыс;

КИТАЙ: медные горно-металлургические комбинаты «Бейинчан» и «Дунчуан»;

КОРЕЙСКАЯ НАРОДНО-ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА: завод цветных металлов в г.Нампахо, цинковый завод в г.Мункпхене;

КУБА: горно-обогатительный свинцово-цинковый комбинат «Кастельянос» (провинция Пинар-дель-Рио);

МОНГОЛИЯ: медное горно-обогатительное предприятие «Эрдэнэт»;

ПОЛЬША: медеплавильные заводы «Легница» и «Глогув»;

СЛОВАКИЯ: медеплавильный завод «Ковогуты-Кромпахы»;

УЗБЕКИСТАН: Алмалыкский ГМК;

УКРАИНА: завод «Укрцинк»;

ЮГОСЛАВИЯ: свинцовый комбинат «Трепча», свинцовый рудник «Сребреница».

С начала 70-х гг. прошлого века институт «Гипроцветмет» участвует в решении проблем освоения западносибирских и забайкальских месторождений медных и свинцово-цинковых руд. Институт разработал ряд технико-экономических обоснований развития цветной металлургии в этом перспективном регионе для месторождений Удоканское, Озерное, Сухой лог.

Так по крупнейшему в мире Удоканскому месторождению институтом выполнен значительный объем предпроектных и проектных работ. В частности, совместно с австралийской фирмой «Минпрок» выполнено комплексное технико-экономическое обоснование по его разработке и освоению. В 2007 г. была построена и принята в эксплуатацию Удоканская опытно-промышленная установка (ОПУ), позволяющая проводить полупромышленные испытания по комбинированной обогатительной – гидрометаллургической технологии переработки всех типов руд Удокана, а также других месторождений зоны БАМа в 2007 г.

Начиная с 90-х годов прошлого века, начинается современный период в развитии института. Гипроцветмет переходит на составление проектов и разработок с использованием программного обеспечения в области горного дела и металлургии. Для месторождения Сухой Лог совместно с компанией «Бейтман», по заказу австралийской фирмы «Стар Технолоджи» (Австралия), в 1998 г. была построена обогатительная фабрика «Барсучий Лог», предназначенная для обогащения медно-цинковых руд месторождения Барсучий Лог, а также аналогичных руд месторождений Оренбургской области, в частности руд Джусинского месторождения [4].

В настоящее время Гипроцветмет продолжает выполнять функции проектного и исследовательского института, ответственного за технический прогресс в области создания высокоэффективной техники и технологии в разработке месторождений руд цветных металлов, обогащении, металлургии, по наиболее полному и рациональному использованию недр, укреплению и развитию минерально-сырьевой базы отрасли.

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ



Здание ОАО «Гипроцветмет» на ул. Академика Королёва, 13

Сферы деятельности института следующие:

Горное дело:

- анализ сырьевой базы месторождений цветных металлов с разработкой схем развития горных предприятий;
- техническое перевооружение и реконструкция действующих предприятий по добыче руд цветных металлов;
- проектирование и строительство новых перспективных предприятий;
- разработка технико-экономического обоснования временных и постоянных кондиций.

Обогащение:

- техническое перевооружение и совершенствование технологии действующих обогатительных фабрик;
- проектирование новых обогатительных фабрик с применением новейших достижений;
- проектирование установок по флотационному обогащению шлаков металлургических переделов;
- проектирование золотоизвлекательных фабрик, перерабатывающих золотосодержащие руды и отвалы, извлечение золота.

Металлургия:

- техническое перевооружение и реконструкция предприятий с переводом их на новые непрерывные технологические процессы;
- проектирование и строительство новых предприятий по переработке медного и свинцово-цинкового сырья;
- проектирование цехов и производств на новых и действующих предприятиях по извлечению редких и тугоплавких металлов;
- проектирование автоматизированных цехов по электролизу меди, производству медной катанки и проволоки;
- проектирование установок по кучному выщелачиванию окисленных и сульфидных медных и золотосодержащих руд;
- проектирование и строительство комплексов по переработке твердых бытовых и промышленных отходов с использованием процесса Ванюкова.

К числу важнейших работ, проведенных институтом в последнее время, можно отнести следующие:

- технико-экономическое обоснование постоян-

ных кондиций с подсчетом запасов на Пыркакайском месторождении олова и медно-порфирового месторождения Ак-Суг;

- обоснование инвестиций в строительство ГОКа по исходной руде на базе Западного и Восточного участков месторождения «Федорова Тундра»;

- технико-экономическое обоснование постоянных кондиций для подсчета запасов Черногорского медно-никелевого месторождения, с корректировкой технологического регламента для переработки руд Черногорского месторождения;

- технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций на руды Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения с переоценкой запасов;

- выполнение и реализация проектов строительства подземных рудников на базе месторождений Шануч, Золотое, Джусинское;

- выполнение и реализация проектов реконструкции карьеров Кальмакыр и Эрдэнэт;

- активное участие в Государственной программе по развитию производства редких элементов.



Карьер по добыче медно-молибденовых руд «Эрдэнэт»

Условия рынка проектной продукции постоянно диктуют необходимость дальнейшего совершенствования процесса проектирования, в связи с чем, в конце 90-х годов, институт полностью перешел на компьютерное проектирование, что дало возможность значительно повысить качество проектных работ.

С переходом на работу в рыночных условиях Гипроцветмет продолжает свое развитие и модернизацию проектной деятельности и организации производства. Так, за последнее время в институте был полностью обновлен программный комплекс, введена система полного электронного документооборота, запущена в работу АСУТП «Облако».

Научная и интеллектуальная база проектных работ Гипроцветмета основывается на применении в практической деятельности более 20 специальных программных продуктов: AutoCAD-2012, АЛЪТ-ИНВЕСТ, TECHE BASE, DATAMINE STUDIO III, NPV SCHEDULER, МАСТЕР-КИП, PROFESSIONAL ELECTRIC, ЭФИР, АВС4, ЛИРА, МОНОМАХ, GEOD, 1С, ДАСПИ, Вентиляция 1.0, Credo и др.

Гипроцветмет является издателем 2-х журналов: «Маркшейдерский вестник» и «Цветная металлургия». Научный и производственный журнал

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

«Маркшейдерский вестник» издаётся с 1992 г. и является специализированным изданием для горных инженеров-маркшейдеров, геодезистов и геологов, освещающим научно-технические организационно-правовые проблемы маркшейдерского обеспечения разработки месторождений полезных ископаемых и горно-строительных работ. Журнал продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу и геодезии, выходявших в России и СССР в 1910-1936 гг. Журнал входит в перечень ведущих научных изданий ВАК, Минобразования и науки РФ.

Журнал «Цветная металлургия» издаётся институтом с 2012 г. для освещения проблемных вопросов горного дела, обогащения, металлургии (в том числе вторичной), редких металлов и полупроводниковых материалов, экологии и охраны окружающей среды, комплексного использования сырья.

Основой многолетней успешной работы института является традиция помнить связь времен, составляющую неразрывную цепь событий от прошлого к настоящему. За 85 лет практической деятельности в институте подготовлена плеяда выдающихся инженеров-проектировщиков и талантливых научных исследователей в цветной металлургии.

Большой творческий вклад в выполнение проектов и внедрение новых технологических процессов, а также в решение принципиальных вопросов проектирования внесли следующие сотрудники института: Аннушка Н.В., Альтеев И.С., Антонов С.В., Башлыкова С.Б., Благово М.В., Бойков А.М., Боровик Е.И., Денисов М.Э., Дороничев А.Н., Ильин-Сидоров Д.Э., Карапетян Э.Н., Комарова Н.А., Кремерман Е.Л., Капитонов С.И., Кучмина Ю.С., Лбов В.М., Лбов И.С., Миронова М.Н., Мусевич С.С., Пантелеев А.А., Поляков А.И., Попова Т.А., Прямикова Л.А., Пятилов М.М., Руднев Б.П., Среданович А.В., Черкова Н.И., Харитонов В.Ю., Шевченко С.А. и др.

Сегодня институт обладает высоким интеллектуальным и научно-техническим потенциалом, накопленным за эти годы. Только за последние 20 лет в активе института было оформлено 42 патента и около 600 авторских свидетельств. В архивах института хранятся десятки тысяч единиц хранения уникальных материалов, в том числе сведения о минерально-сырьевой базе цветной и черной металлургии, исследования в области развития и освоения месторождений, проекты строительства и реконструкции предприятий, научно-исследовательские отчеты и опытно-конструкторские разработки.

Для повышения конкурентоспособности на рынке инжиниринговых услуг институт внедрил систему оперативного управления качеством продукции и услуг предприятия на основании требований международной системы менеджмента качества в соответст-

вии с требованиями стандарта ИСО серии 9001-2009 г.

Следует отметить успешную рекламу по пропаганде достижений института в последние годы, в том числе участие в международных конкурсах и отраслевых выставках, и, в первую очередь, в международной инновационной выставке «Металл-Экспо». За участие в выставке в 2013 г. ОАО «Гипроцветмет» совместно с ФГУП «Институт» ГИНЦВЕТМЕТ получил Золотую и Серебряную медали, а также два диплома за высокопрофессиональное продвижение товаров и услуг.

Несмотря на существующие проблемы, связанные с нехваткой притока молодых специалистов, что является прямым следствием отсутствия подготовки молодых специалистов-проектировщиков в отраслевых высших учебных заведениях, в свой 85-летний юбилей коллектив института полностью укомплектован высококвалифицированными кадрами. В последнее время, за счёт привлечения новых объёмов проектных работ, главным образом, дальневосточных и забайкальских золоторудных месторождений и, как следствие, высокого уровня оплаты труда, в организации появилось много молодых сотрудников, и есть возможность передать накопленный опыт молодому поколению, сохранив полноценную структуру комплексной проектной организации. Сегодня ОАО «Гипроцветмет» в состоянии качественно и на высоком техническом уровне реализовать любой горно-металлургический проект на всех стадиях его развития.

Подробно об институте, об объектах, построенных по проектам Гипроцветмета за 85 лет деятельности, о наших клиентах, в том числе и зарубежных, а также о сферах современной деятельности института в областях горного дела, обогащения и металлургии можно узнать из материалов сайта ОАО «Гипроцветмет»: <http://www.giprocm.ru>.

Литература

1. Колесников Б.Л. «Проектирование горных предприятий цветной металло-промышленности» Журнал «Цветные металлы» №8-9, 1930 г., стр. 1223-1230. Государственное техническое издательство, Москва.
2. Вороненков Ю.П., Дранов Н.П., Седлов М.Г., Нейман М.Н. «Роль Гипроцветмета в становлении и развитии отечественной цветной металлургии». Сб. трудов. «Проектирование предприятий цветной металлургии» Стр. 5-36. Изд. «Металлургия», Москва, 1979г.
3. Седлов М.Г., Генералов В.А., Исаев Д.И., Пуговкин В.А. «Технический прогресс в проектах Гипроцветмета». Журнал «Цветные металлы» №8, 1989 г. стр. 21-26. Изд. «Металлургия» Москва.
4. Птицын А.М., Дюдин Ю.К. «Гипроцветмет и вклад его коллектива в развитие отечественной цветной металлургии» Издание ФГУП «Государственный научно-исследовательский проектный и конструкторский институт горного дела и металлургии цветных металлов» Москва, 2004 г.

Виталий Алексеевич Птылицын, канд.экон.наук,
Генеральный директор ОАО «Гипроцветмет»

УДК 001.3

Е.Г.Фурсов

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНСТИТУТА «ГИПРОЦВЕТМЕТ»

За 85-летний срок существования института «Гипроцветмет» выполнил значительный объем НИР, результаты которых оказали заметное влияние на становление и интенсивное развитие горнорудного производства цветной металлургии СССР и России, а также создали определенный научный задел по развитию ряда направлений подземной и открытой добычи.

Научная деятельность института была направлена на: совершенствование технологии подземной и открытой добычи руд на базе прогрессивных средств механизации процессов; разработку и освоение подводной добычи и обогащения твердых полезных ископаемых; оптимизацию извлечения руды, нормирования и контроля потерь и разубоживания; разработку и освоение методов эффективной очистки вод и предотвращения загрязнения водоемов; разработку программ технического перевооружения горнодобывающих подотраслей цветной металлургии; проведение геомеханических исследований, направленных на обеспечение устойчивости горных сооружений и бортов карьеров; разработку рекомендаций и мероприятий по рекультивации и др.

В 1988 г. в институт «Гипроцветмет» была передана научная часть института «ВНИПИгорцветмет». С того времени исследованиями были охвачены практически все подотрасли цветной металлургии в большинстве горнодобывающих регионов бывшего Советского Союза. Численность научных сотрудников достигала 400 человек.

В вопросах подземной добычи заметные результаты дали НИР, связанные с массовым использованием самоходного бурового, доставочно-транспортного и вспомогательного оборудования.

Для конкретных условий многих месторождений были предложены и осуществлены общетехнологические схемы добычи, варианты схем вскрытия и систем разработки, паспортов проходки горных выработок (Норильский ГМК, Тырныаузский ВМК, Дальполиметалл, Гайский ГОК, ПО «Узбекзолото», «Забайкалзолото», «Алтайзолото», комбинат «Каззолото» и др.). Известны результаты перевода горнодобывающих предприятий на самоходную технику - рост производительности в 2-3 раза.

Серьезным вкладом в технологию добычи при отработке крутонаклонных месторождений небольшой мощности стало использование на очистных работах комплекса с монорельсовым перемещением. Комплекс включает: полук КПВ-6 для проходки восстающих сечением 6-10 кв.м, механизированный очистной агрегат КОВ -25, с которого осуществляется обустройство скважин для отбойки запасов блока, и вспомогательный подъемник ПВ-1000, предназначен-

ный для зарядки скважин, монтажа монорельса. Технология нашла применение на предприятиях ПО «Южуралзолото», Дарасунском руднике, Депутатском, Солнечном, Хрустальненском, Ловозерском, Приморском, Нежданинском ГОКах, и др.

Получены были убедительные доказательства эффективности технологии: производительность труда на очистных работах и интенсивность отработки блоков повысилась в 2-3,5 раз, снижена себестоимость добычи руды по блоку.

Принял участие институт в разработке технологии приготовления и механизированного зарядки гранулированных и водонаполненных ВВ (Тырныаузский ВМК, Ачисайское ШИУ-1 и др.).

На Гайском ГОКе, Джезказганском комбинате, СУБРе, Учалинском ГОКе и др. предприятиях находят применение рекомендации по комплексной механизации приготовления и доставки в выработанное пространство твердеющих смесей, в том числе с использованием хвостов обогащения в качестве заполнителей.

Гипроцветмет один из первых в отечественной практике поставил вопрос о целесообразности подземного размещения подземной фабрики и использование хвостов обогащения (без подъема их на поверхность) для приготовления закладки.

Такая постановка актуальна для горнодобывающих предприятий цветной металлургии, поскольку объем полезной реализации горной массы составляет 1-5% от извлекаемой из недр, а общая утилизация отходов не превышает 30%.

При подземной отработке на больших глубинах пологих месторождений подземное размещение комплексов по обогащению и закладке представляется оправданным.

В области открытых горных работ институт концентрировал силы на техническом перевооружении карьеров отрасли оборудованием большой единичной мощности (экскаваторы вместимостью ковша 8 куб. м, автосамосвалы грузоподъемностью 75 т и выше). Институт осуществлял научно-методическое обеспечение перевода действующих карьеров на мощное современное оборудование на Алмалыкском, Ачинском, Зангезурском, Жайремском, Сорском и др. комбинатах.

Большое внимание уделялось разработке заявок и исходных требований на создание нового оборудования (гидравлические экскаваторы ЭГ-8 и ЭГ-15, фронтальный погрузчик 25 т, карьерный самосвал грузоподъемностью 120 т в высокогорном исполнении и др.).

Для снижения влияния малых размеров рабочих площадок на работу экскаваторов, буровых станков и самосвалов с углублением карьеров предложена технология ведения горных работ с созданием зон концентрации. Внедрение этой технологии на Сорском

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

карьере позволило повысить производительность буровых станков и экскаваторов на 10-15%.

На Дзезказганском, Норильском, Тырнаузском, «Печенганикель» и др. комбинатах используется способ защиты кузовов большегрузных самосвалов от абразивного износа, ударных нагрузок и налипания различными футеровками.

С углублением карьеров особое значение приобретают вопросы управления устойчивостью бортов карьеров и откосов отвалов. С целью контроля за устойчивостью бортов карьеров и откосов отвалов институтом разработана схема автоматизированной системы САҚДО, два типа максимальных акселерометров для замеров смещений от взрывных работ, способ ультразвукового определения раскрытия трещины, методика контроля деформаций откосов. На карьерах комбинатов «Печенганикель», «Макмалзолото», Гайского и Ярославского, объединения «Якуталмаз» внедрены рациональные схемы заоткоски уступов. Схемы позволяют снизить на 10-12% законтурную отбойку, расход ВВ на 0,042 кг на 1 м³ горной массы и др.

На Кия-Шалтырском и Сибайском карьерах внедрена технология отвалообразования высокими ярусами, что позволило сократить расход топлива и автпокрышек.

На Жайремском ГОКе были проведены опытно-промышленные испытания сменного навесного оборудования с ковшами активного действия для экскаваторов ЭКГ, что открывает возможность исключить буровзрывные работы или значительно сократить их объем при отработке некоторых типов руд и пород.

Институтом проведены также НИОКР по созданию технологии циклично-поточной послойной разработки талых и многолетнемерзлых россыпных месторождений, основанной на применении выемочно-погрузочных агрегатов непрерывного действия. Технология позволяет на 30% снизить стоимость добычи песков.

Гипроцветмет проводил значительный объем исследований по обеспечению безопасности горных работ. Это преимущественно работы по определению уровня напряженности горных работ на различных предприятиях, выработке мероприятий по предотвращению динамических проявлений горного давления. Работы проводились на предприятиях комбинатов «Ачполиметалл», Дзезказганского, Норильского, Садонского, Ловозерского, Нерчинского, СУБРа и др.

Большинство выполненных работ нашли применение на предприятиях.

Эффективность внедрения составила 4-5 рублей на рубль затрат на науку.

В институте отлажена система патентования своих разработок. Примерно две трети тем выполнялась на уровне охраноспособных. В год подавалось до 70 заявок на изобретения и получалось до 50 положительных решений по заявкам.

Годовой эффект только от внедренных изобретений достигал 1,5 млн. руб.

Институт имел весьма обширные связи не толь-

ко с горнодобывающими предприятиями, но и с научно-исследовательскими и проектными институтами различных направлений и находящихся не только на территории СССР, но и за рубежом.

Большой вклад в становление института и создание новых технологий и техники внесли ученые института: доктора технических наук С.Л.Иофин, А.Е.Смолдырев, В.В. Жуков, В.Н.Попов, кандидаты технических наук Г.В.Пейхель, В.Г.Дружков, В.Ф.Коробейников, Э.И.Палицкий, М.А.Белявский, И.К.Мультанов, М.Б. Естаев, Б.В.Несмеянов и другие.

В области горных работ 1995-2014 гг. проводились исследования по разработке концепций пересмотра норм технического проектирования горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки, отвечающей требованиям рыночных отношений.

Обоснована реальность развития конкурентоспособной сырьевой базы цветной металлургии за счет ввода в эксплуатацию месторождений с небольшими запасами руд (малых месторождений). Сформулированы факторы, определяющие целесообразность освоения малых месторождений и основные требования к созданию маломасштабных предприятий с производительностью до 400 тыс. тонн в год: небольшие капитальные вложения; минимальные сроки окупаемости капитальных вложений; возмещение инвестиций в срок (не более 2-4 лет); время строительства предприятия не более 2-х лет и небольшая (до 100 км) удаленность предприятия от ближайших транспортных и энергетических коммуникаций.

Совместно с проектной частью института разработаны технологические регламенты: на отработку юго-западного рудного тела системами с обрушением и рекомендации по созданию на руднике Айхал опытно-промышленного участка; технологию закладочных работ для Джусинского месторождения; технологию закладочных работ хвостами обогащения для Учалинского ГОКа; на систему разработки с высотой этажа 105 м для Абаканского рудника. Предложено несколько решений по укладке и упрочению закладочных массивов [3].

В 2002-2003 гг. научной частью по договору с ИПКОН РАН выполнена НИР «Разработка и типизация высокоэффективных технологических схем добычи руд цветных металлов в новых условиях освоения недр России». В работе предложен ряд технических и технологических решений для горнорудного производства. Разработана схема ленточно-тележного конвейера без жестких опор под грузонесущей ветвью. Конвейер предназначен для транспортирования скальных грунтов с крупностью отдельных кусков до 1200 мм и углом наклона трассы до 35 градусов. Конвейер может использоваться на транспортировке пород вскрыши в постоянные отвалы и руд до дробилок крупного дробления как на открытых, так и подземных работах. С использованием конвейера на подземных работах значительно упрощается подготовка эксплуатационных горизонтов, снижаются объ-

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

емы горно-капитальных и горно-подготовительных выработок, уменьшаются затраты энергии на транспорт руд [1].

Предложены решения по двух- и трехканатному барабанному подъему, позволяющие на 30-40% увеличить грузоподъемность подъемного сосуда, без замены подъемной машины [2]. Для промплощадок с ограниченными площадями разработана схема копра с нулевым углом девиации (патент РФ 2361988).

Разработаны решения по вскрытию месторождений с использованием самосвалов с углом наклона съезда до 15 градусов (патент РФ 2236370).

Для наклонного скипового подъема разработана безтранспортная технологическая схема добычи. Самоходным оборудованием руда доставляется к перепускным восстающим, размещаемым над пунктами загрузки скипов (патент РФ 2346157).

Совместно с ИГКОН РАН разработан способ скважинной гидродобычи руд со взрывным на первом этапе разрушением пород (патент РФ №2258140), в последующем разработан вариант с пневмоимпульсным разрушением пород.

Для дробления горных пород наименее энергетическим скалывающим способом разработано несколько схем дробилок скалывающего действия [4], (патент РФ 2389553), (патент на полезную модель 97553).

По процессу крепления горных выработок предложена опережающая крепь (патенты РФ №2348811, №2361988).

Совершенствование буровзрывных работ велось и в направлении создания новых средств бурения и в направлении создания новых форм зарядов ВВ. Разработаны конструкция шарошки, позволяющая увеличивать в процессе бурения сечение скважины до 25%, и конструкция муфты для буровых ставов, позволяющая менять направление бурения в процессе бурения (патенты РФ №2362000, №2365734). В вопросах взрывных работ предложены конструкции зарядов с комбинированными кумулятивными выемками (патент №2258199). Исследования подобных зарядов на моделях показали, что возможно приблизить КИШ к единице на проходческих работах и к нулевому значению перебур скважин на открытых работах.

Литература

1. Фурсов Е.Г., Кирпиченко В.М. Совершенствование технологических схем вскрытия и подготовки подземных рудников. Горная промышленность. 1998 №2.

2. Фурсов Е.Г., Гусев В.Ф., Деревяшкин И.В., Комаров Е.И. О возможности расширения области применения барабанных подъемных установок. //Маркшейдерский вестник 2013.№6.

3. Комаров Е.И., Фурсов Е.Г. Комаров К.Е. Организация закладочных работ с буронабивными сваями-стойками при поэтажно-камерной системе разработки. Маркшейдерия и недропользование 2014 №3.

4. Фурсов Е.Г. Дробление горных пород воздействием скалывающих нагрузок. М. Изд-во «Новые технологии». 2009.№7.

Евгений Григорьевич Фурсов, д-р техн.наук, профессор, тел.8-985-977-51-98



В патентах, оформленных Гипроцветметом, предлагаются эффективные способы и устройства, которые могут быть применены практически на всех горнодобывающих предприятиях, не требующих больших капитальных вложений и просты при эксплуатации.

Более подробную информацию по техническим показателям и экономической эффективности этих изобретений можно получить по следующим информационным каналам:

129515, г.Москва, ул.Академика Королева, 13, а/я 51. Тел.(495)600-32-00, факс (495)616-95-55,
e-mail: office@giprocm.ru; metago@mail.ru, http://www.giprocm.ru.

УДК 553.04

Ю.А.Малютин

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рассмотрены основные подходы к созданию трехмерных каркасных и блоковых моделей месторождений твердых полезных ископаемых для последующей геолого-экономической оценки с точки зрения международной классификации запасов и ресурсов, проанализированы особенности геологического строения месторождений, которые необходимо учитывать при создании моделей месторождений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: месторождение; понятие «естественный борт»; морфологические типы минеральных залежей; природные минеральные типы руд; технологические типы руд и технологические сорта.



В настоящее время геолого-экономическая оценка месторождений производится на геологических трехмерных блоковых моделях, в которых распределение полезных компонентов и вредных примесей в элементарных блоках моделей оценено с помощью интерполяционных геостатистических процедур. По сравнению с более ранними сильно формализованными геометрическими методами оценок запасов и ресурсов месторождений геологическое трехмерное моделирование в большей мере учитывает особенности геологического строения месторождений. При геостатистической оценке месторождений важно иметь ясное представление о морфологии минеральных залежей, элементах их залегания, понимать характер их взаимоотношений с вмещающими породами, характер их выклинивания по простиранию и падению. Не менее важно перед трехмерным моделированием установить этапы и стадии формирования месторождения, последовательность минералообразования, литологический и структурный контроль оруденения, природные типы и возможные технологические сорта руд. Для достоверной оценки месторождений необходимо обосновать структурную концепцию контроля минеральных залежей, чтобы в дальнейшем связать установленную анизотропию деформаций с анизотропией распределения компонентов внутри минеральных залежей. Желательно, по возможности, учитывать и направление деформаций, и характер распределения компонентов на разных стадиях формирования минеральных залежей.

Наиболее полный учет при моделировании морфологических особенностей залежей имеет огромное значение для достоверной оценки общих минеральных ресурсов месторождения и в конечном итоге рудных запасов. Известно, что перед созданием блочной модели создается каркасная модель или несколько каркасных моделей (wireframes), ограничивающих пространства, в которых с наибольшей вероятностью концентрируются полезные компоненты. Геологическая информация является основой при создании достоверной модели ресурсов, и перед моделированием каркаса минерализованной залежи из многочисленного набора геологической информации в первую очередь необходимо создать каркасную модель тектонических нарушений. Затем смоделировать типы вмещающих пород в пределах тектонических блоков, создать каркасные модели интрузивов, даек и трехмерную каркасную модель метасоматических изменений, контролирующих оруденение, а так-

же модель пострудных метасоматических изменений (в том числе зоны окисления).

Сейчас широко известны и широко применяются на практике несколько подходов к каркасному моделированию рудных залежей, имеющих различные формы и формировавшихся в различных условиях. В первом подходе каркасная модель рудной залежи не создается, но, тем не менее, задаются общие пространственные ограничения. Подобный подход используется в основном на ранних оценочных стадиях, когда разведочные данные не позволяют предположить тип формы залежи, не выяснен структурный и литологический контроль оруденения. Второй подход предусматривает оконтуривание на разрезах и создание каркаса минеральных скоплений по геологическим контактам, если наблюдается резкий контакт между минеральными скоплениями, содержащими полезные компоненты, и вмещающими породами или по так называемому «естественному» борту. Под «естественным бортом» понимается то содержание полезного компонента, после которого, при анализе кумулятивной гистограммы, увеличивающиеся его значения встречаются во все большем количестве проб [2]. В этом случае каркасная модель формы рудной залежи наиболее приближена к природной форме залежи. Однако очень часто на гистограммах трудно определить «точку перегиба», сигнализирующую о «естественном борте», в этом случае за значение «естественного борта» можно принять то бортовое содержание компонента, которое обеспечивает наибольшую «непрерывность» залежи (то есть при более высоком бортовом содержании залежь начинает распадаться на части). Часто при оконтуривании залежи по «естественному борту» просто корректируются границы оруденения, установленные структурным или литологическим контролем. Только при определении «естественного борта» можно в дальнейшем наиболее достоверно оценить минеральные ресурсы месторождения, под которыми понимается наибольшее количество минеральной массы, попадающее в контур отработки, которое может обеспечить наибольшую прибыль горному проекту при самых высоких ценах на металлы и наименьших из возможных производственных издержек.

Однако, оценка минеральных ресурсов и рудных запасов в этом случае осуществляется без учета возможных технологических ограничений, возникающих при отработке месторождений, то есть без учета возможного внутреннего разубоживания руды или, другими словами, без оценки возможного качества руды, которая в будущем возможно будет поступать на обоганительную фабрику. Разновидностью оконтурива-

ния по «естественному борту» является оконтуривание по «условному естественному борту», которое выбирается уменьшенным до двух раз от предполагаемого экономически обоснованного минимального бортового содержания компонента. И в этом случае появляется возможность проанализировать и учесть при моделировании формы залежи горные требования (кондиции), которые могут возникнуть из-за применения различных схем отработки месторождения. Например, значение может иметь вертикальный размер уступа карьера. Часто при создании композитов для оконтуривания залежи кроме бортового содержания в пробе учитывают минимальную мощность рудного тела и максимальную мощность без рудного прослоя, размер которых зависит от вертикального размера уступа карьера. Однако, если горные требования еще не определены качество будущей руды можно учесть, проведя статистический анализ мощностей пустых и минеральных прослоев и учесть его при выборе максимальной мощности пустого прослоя и минимальной мощности минерализованного тела при создании композитов.

В случае многокомпонентных месторождений, оконтуривание может производиться по основному компоненту с корректировкой естественных границ, учитывающей пространственное положение других компонентов.

Если строить каркасные модели минеральных залежей по экономически обоснованным бортовым содержаниям, то в этом случае, например, из-за изменения цен на металлы может быть потеряна геологическая основа моделирования, не будет выполнено условие «непрерывности оруденения», и количество и качество минеральных ресурсов будет оценено не верно. Особо следует отметить неуместность использования при каркасном моделировании минеральных залежей формальных приемов оконтуривания рудных тел при традиционных геометрических способах подсчета запасов, ориентирующих недропользователей на получение приемлемой прибыли при максимально возможной полноте отработки недр. И особенно следует отметить неуместность тех приемов, в которых количество руды подсчитывается с учетом коэффициента рудоносности. Согласно данной методике контуры рудной зоны проводятся по пробам с экономически обоснованным бортовым содержанием, при этом внутри контура располагается много проб с содержанием ниже бортового, а коэффициент рудоносности рассчитывается как отношение количества проб с содержанием выше экономически бортового содержания к общему количеству проб. В этом случае нарушается главный принцип оконтуривания минеральных залежей, согласно которому просто оконтуривают области с повышенным содержанием полезного компонента, что нередко приводит к завышению тоннажа и количества металла и неверной оценке распределения компонента в пространстве и, в конце концов, неправильному определению контура оптимального карьера.

На месторождениях твердых полезных ископаемых выделяются несколько морфологических типов минеральных залежей, а по возрасту формиро-

вания минерализации относительно вмещающих пород они разделяются на сингенетические и эпигенетические минеральные залежи.

Типичными сингенетическими минеральными залежами являются залежи осадочных месторождений, таких как пластовые залежи железных, марганцевых, алюминиевых руд, ископаемых углей, залежи стекольных и строительных песков, а также залежи некоторых магматических месторождений, как, например месторождений платины и хромитов. Формы магматических и осадочных минеральных залежей сингенетических месторождений в основном пластовые, пластообразные, линзообразные, реже встречаются изометричные тела (штоки, гнезда сплошных и вкрапленных руд, штокверки). Часто встречаются сложные пластовые тела, состоящие из многочисленных чередующихся между собой минеральных пластов и пластов вмещающих пород. Такие сложные тела встречаются на марганцевых месторождениях и на месторождениях ископаемых углей. В большинстве случаев контакты сингенетических залежей геологические, или резкие, или содержание компонентов резко уменьшается к контактам залежей, однако известны примеры сингенетических залежей, в которых наблюдается более широкая зона постепенного перехода минерализации к вмещающим породам, например, на медно-никелевых месторождениях. Каркасное моделирование пластовых тел нужно проводить по геологическим границам или по «естественному борту» и обязательно учитывать требования, связанные со способами их отработки. При композитировании интервалов проб для оконтуривания минеральных скоплений сложных тел, таких как угольные пласты, нужно учитывать минимальную мощность пласта, при которой пласт целесообразно эксплуатировать, то есть его рабочую мощность, а также эксплуатационную, суммарную мощность пластов и прослоев пустой породы как рабочую часть пласта и другие промышленные требования.

Примеры моделей сингенетических залежей приведены на рис. 1 и 2.

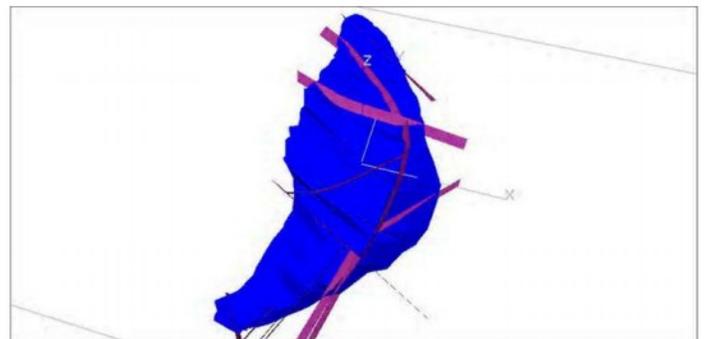


Рис. 1. Хромшпинелидовая залежь месторождения Аганозеро (Карелия) в трехмерной проекции вместе с тектоническими нарушениями, делящими залежь на три части

Эпигенетические залежи полезных ископаемых являются по своему образованию более поздними по сравнению с вмещающими их горными породами. Среди эпигенетических залежей минеральных скоплений развиты жилы, линзы, пластообразные залежи, трубчатые залежи и изометричные залежи (штоки, гнездообразные и неправильной формы залежи, штокверки).

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

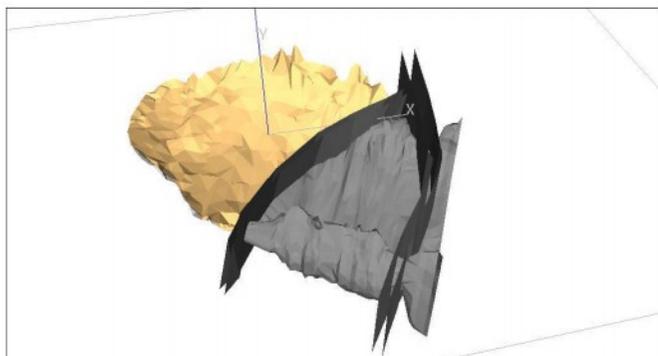


Рис.2. Залежь медистых песчаников месторождения Удокан вместе с тектоническими нарушениями, делящими залежь на три части

Минеральные скопления в форме штоков и гнезд выполнены как сплошными (массивными скоплениями минералов), так и вкрапленниками минералов. Штоки и гнезда характерны для скарново-магнетитовых и скарново-медных, скарново-вольфрамовых месторождений и гидротермальных полиметаллических месторождений. Контакты таких метасоматических эпигенетических залежей разнообразные, они могут быть резкими геологическими или постепенными. Оконтуривание таких залежей может осуществляться как по резким геологическим контактам, так и по «естественному борту».

Среди эпигенетических месторождений очень большое распространение имеют кварцевые жилы, в том числе сложные жилы, линзы, пласто- и столбообразной формы, вмещающие сульфидную минерализацию, с которой нередко связано золото, серебро, олово, вольфрам и другие компоненты. Кварцевые жилы имеют различные формы и размеры, они бывают простые и сложные, в виде пучков, переплетающихся трещин, заполненных минеральным веществом, зон дробления и рассланцевания. По деталям морфологии среди них выделяются четковидные, камерные, седловидные, лестничные и оперенные [1]. Прилегающие к кварцевой жиле породы в виде ореолов бывают метасоматически изменены и минерализованы, в них нередко концентрируются рудные минералы и полезные компоненты. Богатые участки в теле кварцевой жилы, обогащенные полезными компонентами, называют «рудными столбами», которые бывают связанными с раздувами жил, а также и не связанными с изменением их морфологии. Кварцевые жилы формируются в результате заполнения трещин минеральным веществом и в результате метасоматического замещения вмещающих пород. При моделировании каркасов кварцевых жил там, где наблюдается резкая их геологическая граница, контур рудного тела так же нужно проводить по этой границе, а на участках, где наблюдаются метасоматические изменения по краям жил, в том числе сульфидная минерализация, оконтуривание производится по «естественному борту». При моделировании жил лучше по возможности отдельно оконтурить и сделать каркасные модели «рудных столбов». Однако, если это не получается, то наличие рудных столбов (доменов) можно выявить в дальнейшем, уже в блоковых моделях жил, если в базе данных перед интерполяцией не подавлять ураганные значения компонентов (например золота). Линзы, пласто- и столбообразные

залежи, в основном формируются метасоматическим путем, и каркасные модели таких эпигенетических залежей лучше строить по «естественному борту». Примеры моделей эпигенетических залежей показаны на рис. 3, 4, 5, 6.

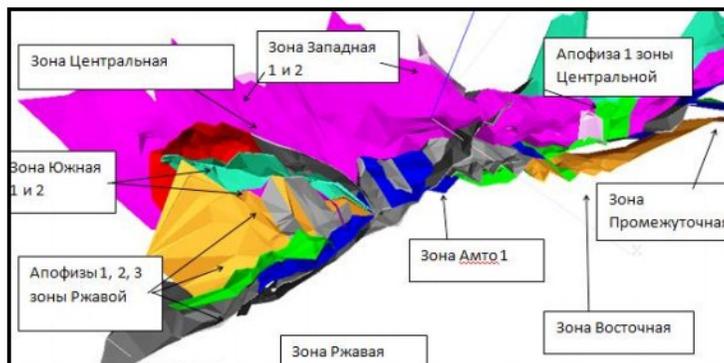


Рис.3. Схема расположения кварцевых жильных тел (зон) в центральной части Бараньевского золоторудного месторождения (Камчатка)

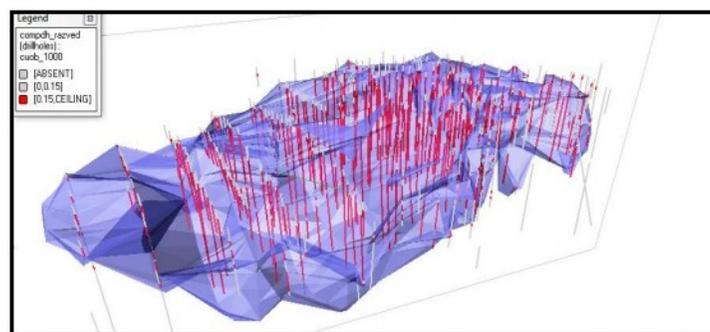


Рис.4. Медно-молибденовый штокверк на Северо-Западном участке месторождения Эрдэнэт (Монголия)

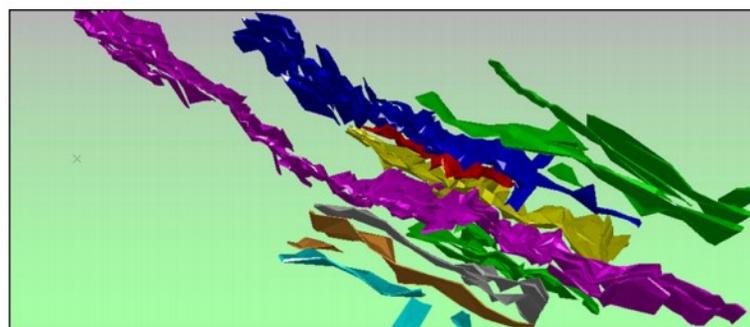


Рис.5. Линейные минеральные золотоносные штокверковые зоны на месторождении Павлик (Магаданская область)

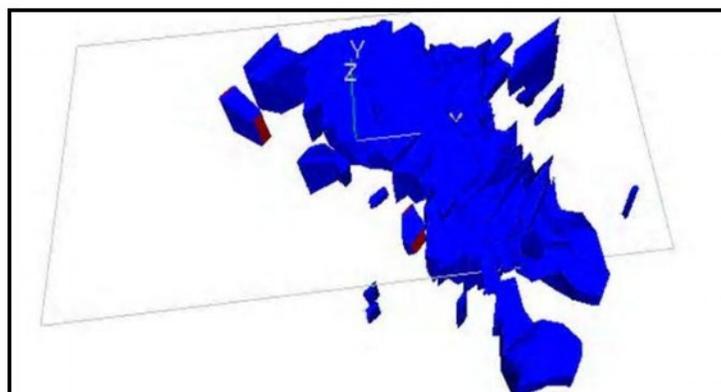


Рис.6. Медно-молибденовый штокверк месторождения Кальмакыр (Узбекистан)

Непростыми для моделирования и оценки минеральных ресурсов являются штокверки. Штокверки часто характерны для крупных месторождений олова, вольфрама, меди, молибдена и других. Штокверком называют сложное тело неправильной, изометричной

формы, состоящее из густой сети различно ориентированных рудных прожилков, пересекающихся друг с другом и вкрапленных руд. Рекомендуется оконтуривать штокверк по «условному естественному борту» с учетом ограничений, которые могут возникнуть при возможных схемах отработки месторождения. Известно, что производительность и связанные с ней горные параметры, например, вертикальный размер уступа карьера, значительно могут повлиять на оценку минеральных ресурсов штокверка и, в конце концов, на оценку качества рудных запасов (то есть на оценку разубоживания руд).

При оконтуривании минеральных залежей необходимо учитывать характер их выклинивания по простиранию и падению. Как известно выклинивание рудных тел может быть простым, тупым и сложным. При простом выклинивании мощность минеральной залежи уменьшается постепенно, при тупом выклинивании ее мощность резко обрывается, а при сложном выклинивании залежь распадается на ряд мелких тел. Нередко на выклинивание штокверков в поперечных сечениях указывает частое чередование проб в скважинах, пробуренных на краях разведочных профилей с повышенным содержанием компонента с пробами, не содержащими полезный компонент. На краях продольных сечений штокверки часто распадаются на несколько мелких изометричных тел. Часто в участках выклинивания жил наблюдаются серии параллельных, более маломощных жил.

Очень часто распределение компонентов, особенно в сингенетических залежах, имеет изотропный характер. Однако для большинства эпигенетических минеральных залежей в виде жил, штоков, штокверков и столбообразных тел в распределении компонентов этих залежей наблюдается анизотропия, наличие которой необходимо учитывать при интерполяционных процедурах. Наличие анизотропии устанавливается при всестороннем исследовании вариограммных функций, в разных направлениях, в геостатистике эти исследования принято называть структурным анализом. Наиболее просто анизотропия распределения компонентов выявляется в жильных телах, изменчивость по мощности рудной жилы всегда больше изменчивости по ее длине. Если строить вариограммы в направлении мощности, ширины и длины, то при аффинной анизотропии все три вариограммы забираются на один порог, но имеют разные зоны влияния, и в этом случае размеры эллипсоида поиска проб при интерполяции устанавливаются пропорционально в соответствии с зонами влияния пробы в перпендикулярных направлениях. Этот простой пример показывает связь анизотропии деформаций с пространственной анизотропией распределения компонентов внутри жилы. Так как жилы, штоки, пластовые и тела с крутым падением имеют свою геометрию, то необходимо проводить вариограммный (структурный) анализ для каждого тела, отличающегося от других своим морфологическим типом на месторождении. Гораздо сложнее установить направления осей анизотропии распределения компонентов и деформаций в крупных штокверковых телах.

Учет элементов залегания минеральных зале-

жей при моделировании является ключевым при интерполяционных процедурах в блоковых моделях. Элементами залегания залежей являются простирание, падение, склонение и ныряние. Очень важно для достоверности интерполяции отмечать повороты залежей, фиксирующиеся в углах их простирания и падения. В некоторых трехмерных компьютерных программах имеется алгоритмическая процедура, называемая «динамической анизотропией». Эта процедура позволяет на основе анализа морфологии залежи, с помощью дополнительных линий (стрингов), фиксирующих изменения в простирании и падении залежи, рассчитать углы падения и простирания в конкретных точках трехмерного пространства. Затем файл координат этих точек с записанными в нем азимутами и углами падения залежи используется для интерполяции азимутальных сведений в элементарные блоки модели, которые затем при окончательной интерполяции компонентов в свою очередь используются для корректировки разворота эллипсоида поиска проб при интерполяции в указанных направлениях. Тем не менее, в некоторых случаях предварительно перед интерполяцией нужно разбивать сложные рудные тела, меняющие в пространстве своё простирание и падение на сегменты или домены и правильно ориентировать эллипсоид поиска проб при интерполяции компонентов. Если структуры резко меняют направления, что характерно для складчатых структур, то перед вариограммным анализом нужно использовать алгоритмы, позволяющие распрямлять складчатые структуры (это позволяет делать, например, программа *unfold* в *Datamine Studio*). В крутопадающих столбообразных телах, имеющих форму цилиндра, вытянутого по падению, необходимо для правильного разворота эллипсоида поиска проб использовать азимут и угол ныряния, который измеряется между осью рудного тела и её горизонтальной проекцией. В участках выклинивания жил нужно анализировать угол склонения, образованный между линией простирания жилы и линией склонения. В этом случае при использовании в интерполяционных процедурах «динамической анизотропии» в крутопадающих столбообразных телах нужно располагать указывающие стринги в горизонтальной и вертикальной плоскости в направлении ныряния и в участках выклинивания жил в вертикальной плоскости под углом склонения.

Геостатистические интерполяционные процедуры различаются при применении их в блоковых моделях пластовых, пластообразных тел, жильных тел и штокверков. При интерполяции относительно маломощных пластовых, пластообразных и жильных тел в геостатистике рекомендуется использовать «аккумуляцию» [3]. В этом случае в элементарные блоки модели интерполируется метрограмм или метропроцент компонента и отдельно интерполируется мощность, оценка компонента в блоке модели получается путем деления оценки метрограмма или метропроцента на оценку мощности. В этом случае при вычислении содержаний компонентов в элементарных блоках моделей учитываются часто распространенные локальные изменения в форме жил, линз и пластов, что влияет на оценку содержаний компонентов. В

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

случае интерполяции компонентов в блоковых моделях штокверков, в мощных пластообразных и мощных столбообразных залежах при определении размера эллипсоида поиска проб в вертикальном направлении и при композитировании проб рекомендуется ориентироваться на вертикальный размер элементарного блока. В этом случае интерполяция проводится по слоям, что позволяет более правильно учесть анизотропию распределения компонентов.

Очень важно для достоверной оценки минеральных ресурсов и рудных запасов установить этапы и стадии формирования месторождения, последовательность минералообразования, литологический и структурный контроль оруденения, природные типы и возможные технологические сорта руд. Важность этих вопросов можно оценить на примере моделирования меднопорфировых месторождений и на месторождениях других промышленных типов. Обычно меднопорфировые и медноколчеданные месторождения характеризуются многокомпонентностью минеральных залежей, и в них отмечается зональность в виде трех зон: зоны окисления и выщелачивания, зоны вторичного сульфидного обогащения и зоны первичных руд. Выделение природных типов руд и затем каркасное моделирование зон их распространения возможно легко осуществить на основе анализа распределения рудных минералов в керне разведочных скважин и в пробах из горных выработок. Это позволяет геостатистические интерполяционные процедуры блоковых моделей проводить для каждого выделенного таким образом домена. В большинстве случаев зона вторичного сульфидного обогащения характеризуется более сильной изменчивостью рудных компонентов, чем зона первичных руд. Рекомендуется строить карты достоверности геостатистической интерполяции и карты ресурсов по категориям разведанности для каждого домена и для каждого полезного и вредного компонента месторождения, так как по степени изменчивости компоненты всегда отличаются друг от друга. На скарново-медных, скарново-магнетитовых и полиметаллических медноколчеданных месторождениях часто встречаются метаморфизованные первично вулканогенно-осадочные минеральные залежи, имеющие субсогласное простираие с вмещающими породами, штокверковые тела и жильные тела. Рекомендуется строить каркасные модели по каждому из этих типов (доменов) залежей и тел. Необходимо отдельно строить каркасные модели природных скоплений рудных минералов, например, строить по возможности каркасные модели скоплений медных и медно-цинковых минералов, чередование которых часто наблюдается на полиметаллических медноколчеданных месторождениях, скоплений скарново-медно-магнетитовых и скарново-магнетитовых минералов на скарновых месторождениях. Выделение доменов для оценки ресурсов везде должно соответствовать геолого-минералогическим особенностям месторождения, однако, это не всегда возможно, как, например, в случае с выявлением рудных столбов, и в этом случае используются другие формы определения границ доменов [4]. Обычно границы таких доменов, по которым

строят каркасы, определяются по содержанию компонентов. Бортовые содержания, ограничивающие такие домены, имеют связь с экономикой залежей или домены могут быть определены комбинацией статистических и геостатистических расчетов в дополнение или вместо выделения их по бортовым содержаниям [4]. Пробы в домене высоких содержаний не рекомендуется использовать для оценки элементарных блоков в смежном домене с пробами, имеющими более низкие содержания, и наоборот рекомендуется для оценки элементарных блоков в домене с пробами высоких содержаний использовать пробы из смежного домена с более низкими содержаниями, что предотвращает появление резких границ содержаний компонента. Обычно график распределения содержаний компонента домена характеризуется одновершинностью, однако практика показывает, что часто, так как рудные залежи многих месторождений формировались в длительный период времени в несколько этапов и стадий (полихронно и полигенно), фиксируется в распределение компонента в выделенных доменах нескольких вершин.

Окончательное корректное выделение технологических типов и сортов руд возможно только в блоковых моделях рудных запасов после интерполяции количественного показателя, характеризующего изменения минерального состава руд в зависимости от возможностей переработки руд. Например, по степени окисленности меди, которая представляет собой отношение окисленной меди к общей меди, на меднопорфировых месторождениях выделяют окисленные, смешанные и первичные руды. Значения степени окисленности для отнесения руд к конкретным технологическим сортам определяется технологическим регламентом обогащения руд. Будет логично внутри доменов выделенных по степени окисленности интерполировать и другие компоненты, влияющие на степень обогатимости, например, серу или другие вредные примеси [4].

Моделирование и оценка ресурсов и запасов месторождений являются завершающим этапом полных структурно-геологических и минералогических исследований месторождений. Эти исследования должны позволить выявить структурный и литологический контроль оруденения, выявить особенности природной морфологии минерализованных залежей, установить природные минеральные типы и возможные технологические сорта руд, установить последовательность минералообразования, этапы и стадии формирования месторождения.

Литература

1. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1989.
2. Малютин Ю.А. Геолого-экономические основы горных проектов в рыночной экономике. Маркшейдерский вестник №2. 2014.
3. Капутин Ю.Е. Моделирование месторождений и оценка минеральных ресурсов с использованием Студии 3. Санкт-Петербург. 2007.
4. Капутин Ю.Е. Повышение эффективности управления минеральными ресурсами горной компании (геологические аспекты). Санкт-Петербург. 2013.

Юрий Александрович Малютин, доцент, канд. геол.-минер. наук, гл. спец.
ОАО «Гипроцветмет», МГУ, Геологический факультет, E-mail: office@giproctm.ru

УДК 622.342; 622.7

В.А.Потылицын, М.Э.Денисов, Б.П.Руднев, М.Ю.Федотова

ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ АУ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СУХОЙ ЛОГ»

Приведена информация по добыче и технологии переработки руд крупнейшего золоторудного месторождения России – Сухой Лог.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: генпроектировщик; самородное золото; пробность 880-900; отсутствие сорбционно-активных углеродистых соединений; гравитация; флотация.



В.А.Потылицын



М.Э.Денисов



Б.П.Руднев



М.Ю.Федотова

В последнее время в печати появилось большое количество сообщений по объявлению тендера на разработку одного из крупнейших золотых месторождений России – Сухой Лог. Институт «Гипроцветмет», будучи длительное время генпроектировщиком, занимался данным объектом. Совместно с институтом «Гинцветмет» в гравитационных концентратах было установлено незначительное количество металлов платиновой группы. Однако с учетом предполагаемых масштабов переработки руд эти незначительные количества платиноидов имеют экономическое значение. Поэтому наряду с гидрометаллургическим методом получения золота была в лабораторном масштабе проверена возможность применения пирометаллургической технологии.

Месторождение Сухой Лог находится на севере Иркутской области. Ближайший населенный пункт п. Кропоткин.

Месторождение расположено в пределах Маракано-Тунгусской синклинали в центральной части Бодайбинского синклинория. Оно является одним из крупнейших в мире и стране по запасам золота.

В структурном отношении, по условиям залегания и вещественному составу месторождение почти полностью аналогично другим золоторудным месторождениям прожилково-вкрапленных руд. Однако ряд специфических особенностей, присущих сухоложскому типу, выделяет его из этой группы.

Специфической особенностью месторождения является исключительно простой минеральный состав руд, главные рудообразующие минералы в которых представлены только пиритом и кварцем. Отсутствие арсенопирита, по-видимому, отражается в преобладании свободного золота и принадлежности руд к легкообогатимым. Как характерную особенность следует также отметить многообразие форм выделений сульфидов, обилие морфологических типов жил и прожилков, крупнокристаллический в целом облик руд и отсутствие во вмещающих породах заметных окolorудных изменений, которые были бы связаны с проявлением как сульфидной, так и кварцево-

жильной минерализации.

По простиранию рудное тело без существенных перерывов прослеживается на несколько километров, по падению - на 1000-1500 м. По восстанию оно постепенно выклинивается при одновременном снижении содержания золота. Мощность тела колеблется от 15 м на флангах до 140 м в центральной части. Согласно проекту, выполненному в 2000 г., запасы месторождения составляют ~2,956 тыс.т золота и 1,541 тыс.т серебра.

Вещественный состав руд

Золотое оруденение локализуется в углистых филлитах хомолхинской свиты. Оно представлено кварцево-жильной и сульфидно-прожилково-вкрапленной минерализацией. Основная масса "промышленного" золота связана с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией. Сульфиды, в основном пирит, образуют вкрапленность в углистых сланцах, совместно с кварцем слагают удлиненные линзы и прожилки.

Руды месторождения отличаются простым химическим и минеральным составом: кварц и полевошпат - 33-49%, слюдястые минералы - 38-54%, карбонаты - 7-13%, сульфиды - 1.3-2.5%, органический углерод - 0.9-2.4%. Сульфиды на 90-95% представлены пиритом, значительно реже встречаются халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит, арсенопирит и пентландит. Среднее содержание золота не превышает 2.5 г/т. Содержание серебра еще ниже (около 0.5-0.7 г/т), оно извлекается попутно и самостоятельного значения не имеет.

Самородное золото является единственным промышленно ценным компонентом руды. Большая часть самородного золота (96%) приурочена к кварцевым прожилкам и линзам, где оно ассоциирует с сульфидами. Золото заполняет трещины, прожилки, просечки в пирите, выделяется на контактах индивидов пирита с другим индивидом или кварцем. Вследствие особенностей кристаллизации золота его морфология характеризуется ярко выраженным уплоще-

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

нием.

Золото характеризуется относительно высокой средней пробой (880-890) и постоянством состава, который практически не зависит от морфологического типа сульфидной минерализации, глубины залегания руд, характера ассоциации золота с другими минералами, крупности и морфологии его частиц. Из примесей в самородном золоте отмечено серебро и в незначительном количестве медь и железо.

Таким образом, руды месторождения относятся к типу убогосульфидных кварц-полевошпатовых руд с незначительным содержанием карбонатов и свободного углерода, который обладает заметной сорбционной активностью по отношению к цианистым комплексам золота и серебра.

Технологические свойства и схема переработки руд

Технологические свойства руды месторождения изучались с 1964 г. на большом количестве технологических проб, в том числе и крупнотоннажных (около 1 тыс.т). В исследованиях принимали участие многие институты: «Иргиредмет» (г.Иркутск), «ВНИИХТ», «Гиналмаззолото», «Гинцветмет», МИСиС (г.Москва), «Казмеханобр» (г.Алма-Ата), Ингичкинская ОМТЭ (Узбекистан).

После проведения лабораторных и полупромышленных испытаний руды месторождения отнесены к одному технологическому типу и для их переработки рекомендована комбинированная гравитационно-флотационно-цианистая схема с цианированием концентрата [1, табл.1].

Технологическая схема включает:

- дробление и измельчение руды до крупности - 0.2 мм (70-75% класса -0.074 мм);

- гравитационное обогащение измельченной руды с доводкой первичного гравитоцентрата до богатой "золотой головки" с последующей плавкой ее на лигатурное золото;

- флотационное обогащение хвостов гравитации;

- цианирование флотационного концентрата и промпродуктов гравитационной доводки (бедного гравитационного концентрата), измельченных до крупности -0.074 мм, методом сорбционного выщелачивания с использованием ионообменных смол;

- обезвреживание хвостов сорбции до требуемых норм ПДК по цианидам, роданидам и другим токсичным примесям ионообменной очисткой;

- раздельное складирование хвостов флотации и хвостов гидрометаллургической переработки концентратов, существенно различающихся между собой по содержанию золота и сульфидов.

Проведенные в конце 1990-1992 гг. лабораторные исследования в «Гинцветмете» показали на высокую эффективность центробежного обогащения для одной из проб месторождения Сухой Лог. Исследования проводились на центробежном концентраторе конструкции «Гинцветмет», в котором разжижаю-

щая вода подавалась внутрь улавливающей чаши через специальные спрееры. При измельчении руды до крупности 90-95% кл. -0,071 мм в гравитоцентрат извлекалась до 95,3% золота.

Таблица 1

Технологические показатели переработки руды месторождения Сухой Лог по гравитационно-флотационно-цианистой схеме (по результатам НИР)

Технологические показатели	Значение
Расчетное содержание золота в руде, г/т	2.63
Выход концентратов, % от исходной руды:	
- "золотая головка"	0.00069
- бедный гравитационный концентрат	2.60
- флотационный концентрат	1.76
- всего концентрат	4.36
Содержание золота в концентратах, г/т:	
- "золотая головка"	215080
- бедный гравитационный концентрат	24.6
- флотационный концентрат	21.4
Извлечение золота в концентраты, %	
- "золотая головка"	56.2
- бедный гравитационный концентрат	24.5
- флотационный концентрат	14.2
Общее извлечение в обогатительном переделе	94.9
Извлечение золота в металлургическом цикле, %	
- "золотая головка"	99.96
- смесь гравитационного и флотационного концентратов	93.2
Общее извлечение в металлургическом цикле	97.7
Сквозное извлечение золота из руды в товарную продукцию, %	92.3
Потери золота, %	7.7
в том числе: в цикле обогащения	5.1
в металлургическом цикле	2.6
Средневзвешенное содержание золота в отвальных хвостах, г/т	
в том числе: в хвостах обогащения	0.14
в хвостах цианирования	0.7

Таблица 2

Продукт	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %
Гравитационный концентрат	2,71	88,3	95,3
Σ(к-т I + к-т контр. сепарации)	97,2	0,12	4,7
Исходная руда	100,0	2,51	100

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ



Рис.1. Схема переработки руды месторождения Сухой Лог

Было отмечено отсутствие в гравитоцентрате органической фазы $C_{op} \leq 0,1\%$, что позволяло ликвидировать возможность появления сорбционноактивной фазы (при гидрометаллургической переработке Au концентрата). Выполненные исследования показали наличие в полученном гравитоцентрате металлов платиновой группы. По методике, имеющейся в институте, в концентрате было установлено $\sim 0,1-0,2$ г/т платины. Исходя из этого, было предложено плавить полученный концентрат на медный или свинцовый носитель для перевода золота, серебра и платины в медь (или свинец). Однако дальнейшие исследования в этом направлении были остановлены из-за прекращения финансирования.

Проведенные впоследствии аналогичные исследования фирмой Intertech corporation с использованием концентратов Нельсон практически полностью подтвердили ранее выполненные лабораторные

исследования, а выполненные НИР ООО «НТЛ Томс» позволили с использованием сепараторов Нельсон резко уменьшить цикл флотации (проводится только флотация промпродукта доводки гравитационного концентрата).

В условиях усиления внешнеэкономического давления со стороны Запада строительство крупнейшего предприятия по переработке золота на базе месторождения Сухой Лог позволит укрепить позиции России как на внешнем, так и на внутреннем рынках.

Литература

1. Отчет № 458 «Intertech Corporation», М., 2005. А.Парий, Р.Амосов, М., 2005.
2. Отчет ООО «НТЛ ТОМС» Совершенствование технологии ЗИФ «Западное». К.В.Федотов, А.А.Потемкин, А.А.Романченко, А.Е.Сенченко. Ир. 2005.

Виталий Алексеевич Потылицын, канд.экон. наук,
Генеральный директор;
Михаил Эдуардович Денисов, зам.Генерального директора
по производству, E-mail: office@giproctm.ru;
Борис Петрович Руднев, гл.обогатитель,
тел.(495)600-32-00 доб.14-84;
Мария Юрьевна Федотова, зав.группы ГИПов,
тел.(495)600-32-00 доб.14-18
(ОАО «Гипроцветмет»)

УДК 622.271

В.Ю.Харитонов, М.А. Шадрин, М.Н.Миронова

МЕТОД СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАБОТКИ КАРЬЕРОВ

Представлен метод сравнительной оценки эффективности отработки карьеров с помощью оценочного коэффициента. Приведены аналитические и расчетные показатели на примере Аметистового месторождения. Применение данного метода оценки позволяет учитывать основные геологические и экономические факторы, а также минимизировать аналитические, расчетные и графические работы на начальных стадиях проектирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: карьер; граничный коэффициент вскрыши; контурный коэффициент вскрыши; оценочный коэффициент.



В.Ю.Харитонов М.А.Шадрин М.Н.Миронова

При открытом способе разработки месторождений, где отработка ведется на нескольких карьерах, нередко возникает необходимость определения целесообразности и приоритетности отработки этих карьеров в условиях рыночных изменений цен. Обычно такие задачи решаются на основании полных технико-экономических расчетов. Процедура такой оценки громоздкая и требует много времени.

Процесс оценки во много раз ускоряется при использовании компьютерных программ типа NPV Scheduler и Datamine Studio. Критерием оценки при этом служит максимум прибыли. Необходимым условием использования этого метода является наличие программного обеспечения, блочная компьютерная модель месторождения и квалифицированный персонал.

В настоящей работе предлагается метод для сравнительной оценки разработки карьеров и их участков.

При определении границ открытых горных работ для оценки эффективности вовлечения руды в контур карьера традиционно используется условие:

$$K_{cp} \geq K_e,$$

где K_{cp} - граничный коэффициент вскрыши, м³/т; K_e - коэффициент вскрыши в оцениваемом карьере или его части м³/т, определяемый как отношение объема вскрыши к запасам руды.

K_{cp} рассчитывается по формуле:

$$K_{cp} = \frac{\beta \times T - C_{op} \times \frac{(100 - \Pi)}{(100 - P)}}{C_e},$$

где β - содержание полезных компонентов в 1 тонне руды; T - товарная ценность единицы компонента; C_{op} - полная себестоимость добычи и переработки руды без учета выемки вскрыши; C_e - себестоимость выемки вскрыши; Π и P соответственно потери и разубоживание.

Товарная ценность единицы компонента определяется:

$$T = \text{Ц} \times (100 - \Pi) \times K_u,$$

где Ц - цена полезного компонента; K_u - сквозное извлечение полезного компонента.

Таким образом, условие эффективности можно преобразовать

$$K_{cp} \leq \frac{\beta \times T - C_{op} \times \frac{(100 - \Pi)}{(100 - P)}}{C_e} \text{ или}$$

$$\beta \times T - C_{op} \times \frac{(100 - \Pi)}{(100 - P)} - C_e \times K_e \geq 0.$$

Выражение правой части условия показывает разницу между товарной ценностью и полными издержками производства на 1 тонну руды, что является прибылью, получаемой от одной тонны руды. То есть должно выполняться условие положительности доходов оцениваемого карьера или его части. Таким образом, используя формулу расчета прибыли на тонну руды (K_o - оценочный коэффициент прибыльности), количественно можно определять эффективность вовлечения в отработку руд карьеров и его частей, приоритетность разработки участков месторождения и т.д.

Примечание: при расчетах на товарную руду значения Π и P принимаются равными 0.

Предлагаемая формула учитывает влияние содержания полезных компонентов в руде на доходную часть экономической оценки и коэффициентов вскрыши - на затратную часть. Объединение этих показателей в одной расчетной формуле позволит проводить экономическую оценку карьеров или его частей с помощью единого оценочного коэффициента и исследовать влияние изменения различных показателей на экономическую эффективность производства.

Технико-экономические показатели, необходимые для расчетов, применяются такие же, что и при оптимизационных расчетах в программе NPV Scheduler или при расчетах граничного коэффициента вскрыши.

Как правило, значения технико-экономических показателей для рассматриваемого месторождения неизменны за исключением цены на полезный компонент. Переменными величинами являются K_e , β и Ц .

В качестве примера с помощью предложенного метода проведены расчеты K_o для карьеров месторождения Аметистовое при изменении цены на тройскую унцию золота от 1200 до 900 US\$/ с шагом 50 US\$. Экономические показатели приняты по ТЭО (табл.1) постоянных кондиций, используемые при для компьютерной оптимизации границ карьеров и для расчетов граничных коэффициентов вскрыши.

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

Таблица 1

Экономические показатели для расчетов оценочного коэффициента

Наименование показателей	Ед. изм.	Показатели
Сквозной коэффициент извлечения	%	93,62
Курс доллара		30
Себестоимость горных работ по вскрыше	руб./т	54,74
Себестоимость горных работ по руде	руб./т	226,62
Себестоимость обогащения руды	руб./т	1607
Общехозяйственные расходы	руб./т	1048,93
Налоги и прочие отчисления	руб./т	667,26
Внепроизводственные расходы (в т.ч. аффинаж и транспортировка)	руб./т	191,96
Цена золота на мировом рынке	долл./унц	900 -1200

Открытые горные работы на месторождении предполагается вести на 16 карьерах. Значения содержания золота в руде и коэффициентов вскрыши в карьерах изменяются в значительных пределах (табл. 2).

Результаты расчетов оценочного коэффициента (K_0) приведены в табл.3.

Таблица 2

Эксплуатационные запасы карьеров месторождения Аметистовое

Карьеры	Горная масса	Руда товарная	Содержание Au	Металл Au	Вскрыша	Кв
	тыс. м ³	тыс.т	г/т	кг	тыс. м ³	м ³ /т
Север	705.6	105.4	6.0	637.9	664.3	6.3
Юника	847.5	76.3	4.6	354.9	817.6	10.7
Петровская 2	524.9	22.5	5.3	118.8	516.0	23.0
Западная	149.9	17.2	7.5	128.5	143.2	8.3
Геофизический	373.2	33.2	6.8	224.1	360.2	10.8
Центральный	10684.6	1207.5	9.1	11047.5	10211.1	8.5
Юг1	2697.1	437.4	5.6	2431.6	2525.6	5.8
Юг2	1170.2	175.3	5.3	929.0	1101.4	6.3
44-49	113.4	20.7	3.9	80.4	105.3	5.1
Центральная	198.3	38.5	6.6	254.5	183.1	4.8
Жила 15_2	24.9	13.7	6.8	92.6	19.5	1.4
Жила 15	29.0	14.6	3.9	57.2	23.3	1.6
Ринг	346.8	73.9	4.1	305.5	317.8	4.3
Восток 1	1448.6	262.0	9.0	2347.6	1345.9	5.1
Восток 2	964.5	106.7	11.9	1274.4	922.7	8.6
Восток 3	344.5	103.7	6.4	665.4	303.8	2.9
Итого:	20623.0	2707.5	7.7	20957.4	19561.3	7.2

Таблица 3

Результаты расчетов оценочного коэффициента (K_0), руб./т

Карьеры	Цена на золото, US\$/унция						
	1 200	1 150	1 100	1 050	1 000	950	900
Север	4 479	4 117	3 756	3 394	3 032	2 670	2 308
Юника	1 054	828	603	377	151	-74	-300
Петровская 2	1 137	878	620	361	102	-157	-416
Западная	5 589	5 177	4 766	4 354	3 943	3 532	3 120
Геофизический	2 916	2 615	2 313	2 012	1 711	1 410	1 109
Центральный	6 753	6 295	5 837	5 378	4 920	4 462	4 003
Юг 1	2 975	2 680	2 385	2 089	1 794	1 499	1 204
Юг 2	1 814	1 568	1 322	1 077	831	585	339
44-49	514	324	134	-55	-245	-435	-624
Центральная	3 707	3 386	3 064	2 742	2 420	2 098	1 776
Жила 15_2	7 445	6 974	6 502	6 030	5 559	5 087	4 616
Жила 15	2 175	1 923	1 671	1 419	1 167	915	663
Ринг	1 009	800	591	382	173	-36	-245
Восток1	6 524	6 083	5 643	5 203	4 763	4 322	3 882
Восток2	9 601	9 025	8 448	7 872	7 295	6 719	6 142
Восток3	3 556	3 245	2 934	2 622	2 311	2 000	1 689
Итого:	5 182	4 792	4 402	4 012	3 622	3 232	2 842

85 ЛЕТ ГИПРОЦВЕТМЕТУ

Расчеты показали, что разработка карьера на жиле 44-49 при цене золота за тройскую унцию 1050 US\$ и ниже становится убыточной. Карьеры Юника, Петровская 2 и Ринг становятся убыточными при цене 950 US\$/ унция. Оработка остальных карьеров при цене выше 900 US\$/ унция имеет положительную оценку.

Карьеры с экономически обоснованными границами в ТЭО кондиций (Центральный, Восток-1, Восток-2, Северный, Юг-1 и Юг-2) имеют оценочный ко-

эффициент (доход на тонну руды) выше 4000 руб./т. Карьеры Восток-3, Юника, Петровская-2, Западная, Геофизическая, Ринг-1, 15-1, 15-2, Центральная и 44-49 построенные на жилах, имеющих содержание золота ниже промминимума, или на отдельно стоящих небольших жилах, имеют значительно меньший оценочный коэффициент.

Ранжирование карьеров по эффективности разработки приводится в табл.4.

Таблица 4

Результаты расчетов оценочного коэффициента (K_o), руб./т

Карьеры	Восток2	Жила 15_2	Центральный	Восток1	Западная	Север	Центральная	Восток3	Юг1	Геофизический	Жила 15	Юг2	Петровская 2	Юника	Ринг	44-49
Приоритет разработки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

При комбинированном способе разработки для сравнения эффективности разработки участков месторождения открытым и подземным способом возможно использовать оценочный коэффициент, рассчитанный по формуле:

$$K_o = C_{np} \times \frac{(100 - P_{np})}{(100 - P_{np})} - (C_{op} \times \frac{(100 - P)}{(100 - P)} + C_e \times K_e),$$

где C_{np} – полная себестоимость добычи и переработки руды при подземном способе разработки; P_{np} и P_{pr} соответственно потери и разубоживание при подземном способе разработки.

Это позволяет проводить количественно-сравнительную оценку открытого и подземного способа разработки на месторождении.

Выводы

1. Предлагаемый метод опирается на традиционный критерий, используемый при определении оптимальных границ открытых горных работ, получив-

ший апробацию на многих российских и зарубежных карьерах. Расчеты по этому методу не требуют специальных программ и высокой квалификации персонала и могут применяться для предварительной экономической оценки при разработке технологической части проекта разработки месторождения на стадии ТЭО кондиций.

2. Исследования с помощью оценочного коэффициента позволяют определить порядок ввода карьеров в эксплуатацию при максимальной прибыли в первоначальный период.

3. При снижении цен на товарную продукцию для сохранения уровня доходности предприятия с помощью оценочного коэффициента возможно определить очередность временного вывода карьеров из производства или момент пересмотра границы горных работ с целью снижения затрат (снижение K_e) и повышать бортовое содержание золота (повышение товарной ценности).

*Владимир Юрьевич Харитонов, главный специалист отдела проектирования горных предприятий ОАО «Гипроцветмет», тел. (495)600-32-00 доб. 14-33, E-mail: open-pit@yandex.ru;
Михаил Анатольевич Шадрин, директор по производству ЗАО «Лаборатория проекта»;
Мария Николаевна Миронова, вед. инженер отдела проектирования горных предприятий ОАО «Гипроцветмет»*

УДК: 622.771:620.424.1

М.В.Рыльникова, И.С.Туркин

О ПЕРСПЕКТИВАХ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В РАЙОНЕ ЛИКВИДИРУЕМЫХ ШАХТ*

* - Исследования выполняются при поддержке Российского научного фонда (проект №14-17-00255)

Рассмотрена перспектива воспроизводства электроэнергии при расположении гидроэлектростанций в подземных выработках ликвидируемых шахт. Описаны преимущества строительства гидроэлектростанций на одной из шахт Кузбасса, имеющей активную гидродинамическую связь с другими шахтами, предназначенными для ликвидации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: шахта; подземная гидроэлектростанция; горные выработки; водоотлив; водоотливные сооружения; генератор; турбина.

В настоящее время энергия движущейся воды повсеместно используется гидроэлектростанциями для преобразования в электрическую. Для того, чтобы получить электроэнергию, необходимо построить дамбу, затопив при этом близлежащие территории, и сбрасывать воду вниз, приводя в движение лопасти ротора электрической машины. Однако, в мировой практике строительства гидроэлектростанций имеются случаи подземного расположения генераторов без дамбы на дневной поверхности. При таком расположении электростанций отсутствует влияние колебаний температуры поверхности на оборудование, что увеличивает продолжительность срока его эксплуатации. При этом особых требований к энергетическим установкам, работающим на глубине под землей, не предъявляется. Из анализа зарубежной и отечественной литературы, описывающей проектирование и строительство подземных электростанций, известно, что подземные выработки для гидроэлектростанций проходились специально, занимая при этом до 40% от общих затрат. Но есть ли смысл проходить выработки специально, если существуют горные предприятия с общей протяженностью подземных выработок в десятки километров? В частности, речь идет о ликвидируемых шахтах. Вместе с тем, прецеденты строительства гидроэнергетических установок в подземных выработках шахт в литературе не найдены.

Ситуация, сложившаяся на предприятиях Кузнецкого угольного бассейна – одного из крупнейших угольных месторождений мира, предопределила оценку перспектив строительства подземной гидроэлектростанции с использованием имеющихся подземных выработок. В статье описаны преимущества строительства гидроэлектростанции на одной из действующих шахт региона, имеющей активную гидродинамическую связь с другими шахтами, предназначенными для ликвидации.

Эффективная работа предприятий, ведущих разработку месторождения подземным способом, напрямую зависит от бесперебойной работы водоотлива, обеспечивающего осушение горных выработок. Водоотлив является одним из важных вспомогательных процессов подземной добычи, так как несвоевременная откачка шахтной воды создает угрозу не

только роста себестоимости добычи полезных ископаемых, но и безопасности работ, ввиду риска затопления шахты.

Наращение объемов добычи полезных ископаемых, концентрации горных работ, глубины горных работ, увеличение протяженности горных выработок и, соответственно, рост водопритоков в подземные выработки обуславливают необходимость реконструкции водоотливных установок. Все нарастающие объемы шахтной воды приходится откачивать на поверхность, затрачивая на водоотлив 20-30% от общей себестоимости горных работ. В связи с этим возникает необходимость по-новому оценить гидравлический потенциал и электропотребление шахты и рассмотреть перспективы воспроизводства электроэнергии в ходе реализации геотехнологических процессов.

Гидроэлектростанции с подземным расположением машинного зала достаточно широко распространены. К настоящему времени в мире построено более 400 подземных ГЭС. Лидеры по числу подземных ГЭС - Франция (36 ГЭС) и КНР (35 ГЭС).

Развитие строительства подземных ГЭС вызвано, в первую очередь, экономическими соображениями, поскольку в ряде стран подземные работы имеют ряд преимуществ по сравнению с открытыми, что обусловлено занятостью и высокой стоимостью земли, экологическими платежами. Кроме того, подземное расположение гидротехнических сооружений имеет явное преимущество в районах с неблагоприятными и резко изменяющимися климатическими условиями, где температура колеблется в пределах $\pm 40^\circ\text{C}$, имеются ураганные ветры, длительные ливни, снегопады, угроза схода сели и лавин, повышенная сейсмичность. При расположении гидроагрегатов под землей удается сократить территории затопления поверхности и существенно экономить затраты за счет вертикального размещения цепи оборудования и перемещения технологических потоков под действием собственной силы тяжести. При подземном расположении электростанций отсутствует влияние на работу оборудования колебаний температуры атмосферы, что улучшает условия и увеличивает продолжительность срока его эксплуатации. Положительный эф-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

факт размещения атомных электростанций под землей был отмечен в работах академика Н.Н.Мельникова и профессора Е.А.Котенко. Следует отметить, что особых требований к энергетическим установкам, работающим на глубине, не предъявляются. Помнить о безопасности производства работ также важно, как под землей, так и на поверхности, а отсутствие дневного света на подземных станциях сполна компенсируется искусственным освещением. На европейских ГЭС подземное расположение машинных залов во многих случаях дополнительно продиктовано оборонными соображениями. Но преимущество у всех подземных ГЭС одно – более высокий напор воды, увеличивающий мощность гидроэлектростанции.

В последние годы мощность строящихся и реконструируемых подземных ГЭС растет и порой превышает 1 млн.кВт (Портидж-Маунтин – 2,3 млн.кВт, Мика в Канаде – 2 млн.кВт, Корнуолл в США – 2 млн.кВт,

Пнгури в СССР – 1,35 млн.кВт, Ронковальгранде в Италии – 1,04 млн.кВт и др.).

Из анализа зарубежной и отечественной литературы, описывающей проектирование и строительство подземных электростанций, известно, что подземные выработки для размещения гидроэлектростанций проходились специально, стоимость их проходки и крепления составляет до 40% от общих затрат на строительство. Прецеденты сооружения гидроэнергетических установок в выработках действующих или ликвидируемых подземных рудников и шахт в настоящее время не известны.

Ситуация, сложившаяся на предприятиях Кузбасса, заставила задуматься и оценить перспективы строительства подземной гидроэлектростанции. Это связано с тем, что в районе г.Прокопьевск территориально размещены четырехугольные шахты. В настоящее время три шахты закрыты, осталась в эксплуатации только шахта «Коксовая-2» (рис.1).

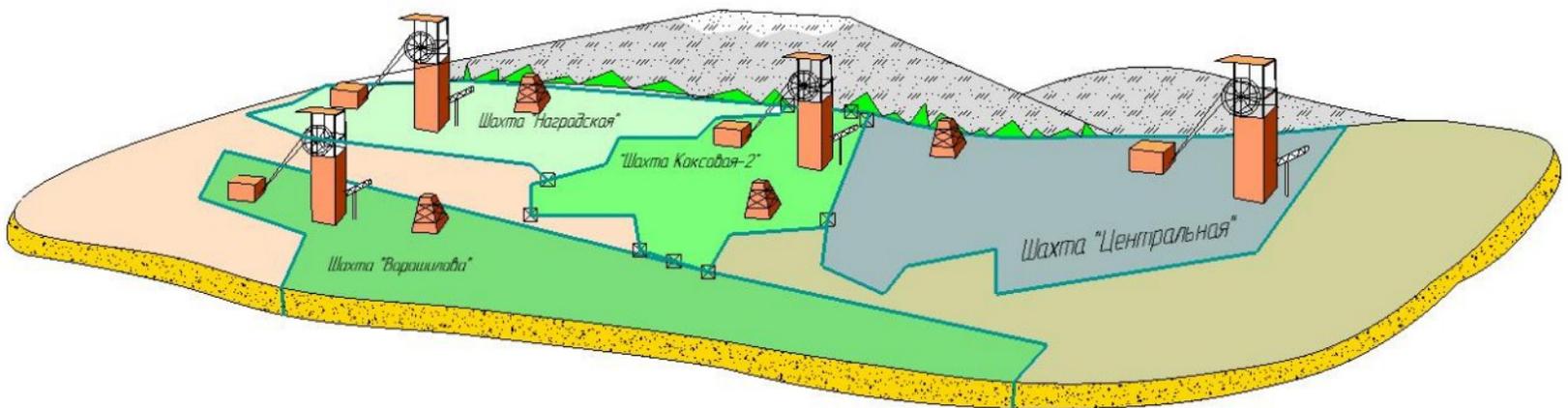


Рис.1. Схема расположения угольных шахт в районе г.Прокопьевск

Причины закрытия шахт делятся на две группы: условия безопасности (ликвидация из-за аварийного состояния) и экономические. В первом случае шахта закрывается из-за того, что происходит техногенная катастрофа или становится высока вероятность ее развития. Остановку производит Ростехнадзор, реже – недропользователь. В последнем случае все зависит от его ответственности: закрывая шахту, собственник несет большие убытки, поэтому в подавляющем большинстве случаев аварийная шахта продолжает работать до критического сигнала. Важно отметить, что шахта сохраняет потенциальную опасность эксплуатации даже в то время, когда она не производит добычи угля. Поэтому, независимо от объемов добычи, постоянно осуществляются значительные расходы на укрепление и поддержание, вентиляцию, водоотлив. Как только шахта прекращает работу, отключение всех систем приводит к затоплению выработок, накоплению в пустотах метана, обрушению налегающих пород и подработанной поверхности. Последствия этих процессов тем серьезнее, чем ближе к шахте находится городская застройка: возможны провалы почвы с разрушениями зданий, подземные взрывы с не менее опасными проявлениями и выход подземных вод на поверхность.

В Кузбассе остановка водоотливных установок закрытых шахт привела к затоплению выработок. Ввиду наличия активной гидравлической связи между ликвидированными и действующей шахтой вода из затопленных выработок закрытых шахт беспрепятственно проникает в выработки шахты «Коксовая-2», так как на ней горные работы ведутся на более глубоких горизонтах (рис.2). Это привело к тому, что нагрузки на установки местного водоотлива превысили проектные и привели к частичному выходу их из строя.

Одним из решений сложившейся ситуации является строительство новой, более мощной водоотливной установки, что повлечет за собой дополнительные капитальные вложения. Бюджет предприятия не позволит реализовать данный проект, поэтому необходимо привлекать федеральные средства. В качестве альтернативного варианта было предложено принципиально новое решение, способное вызвать интерес у инвесторов в связи с возможностью получения дополнительной электроэнергии в ходе реализации процессов водоотлива на шахте «Коксовая-2».

Принципиально новой идеей использования нарастающих объемов шахтных вод является вовлече-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

ние их в промышленный оборот для производства электрической энергии посредством строительства подземной гидроэлектростанции. Установка гидроэлектростанции между полями ликвидированных шахт и действующей (рис.3) позволит решить про-

блему поддержания проектного уровня затопления, при этом водоотлив на ликвидированных шахтах не нужен, а насосы для откачки воды устанавливаются в поле действующей шахты «Коксовая-2», как показано на рис.3.

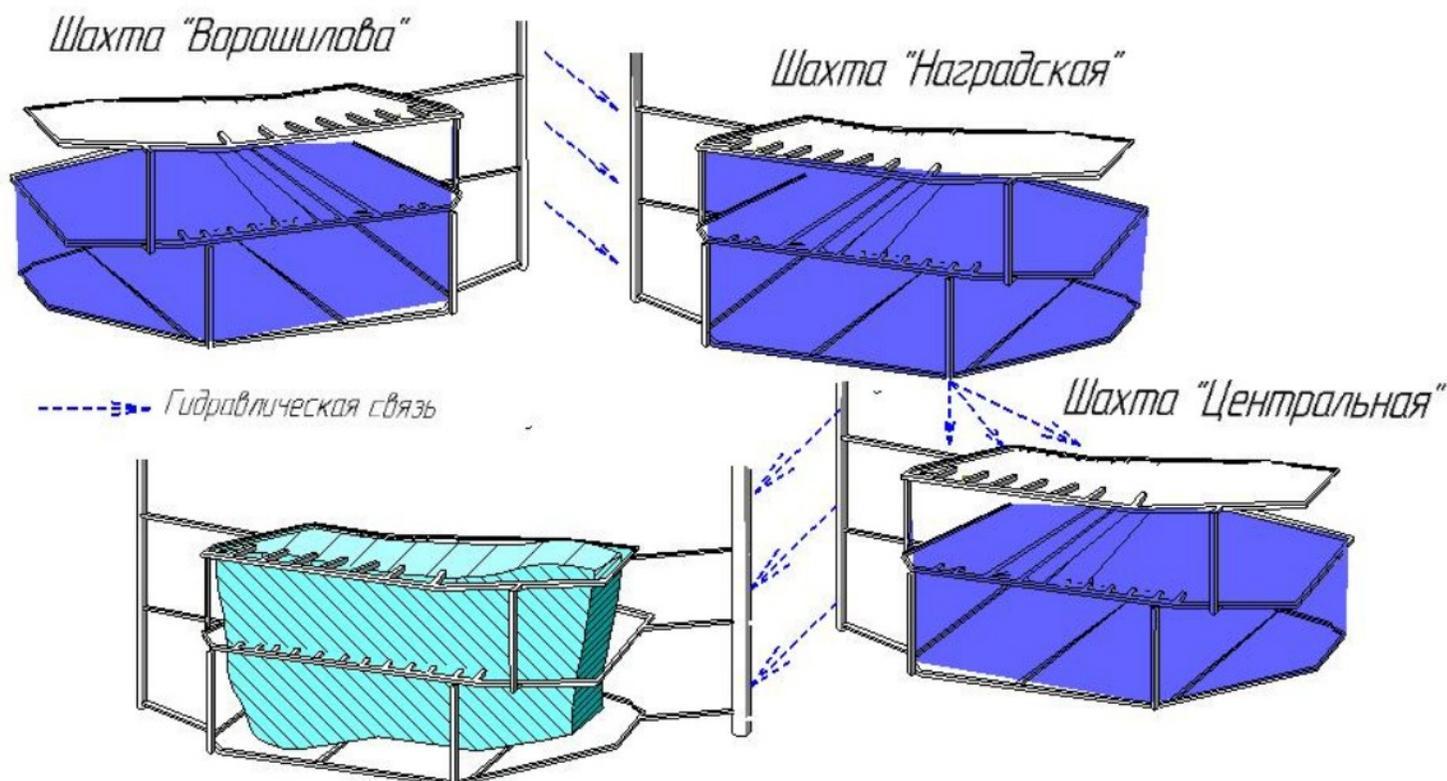


Рис.2. Схема гидравлической связи между шахтами

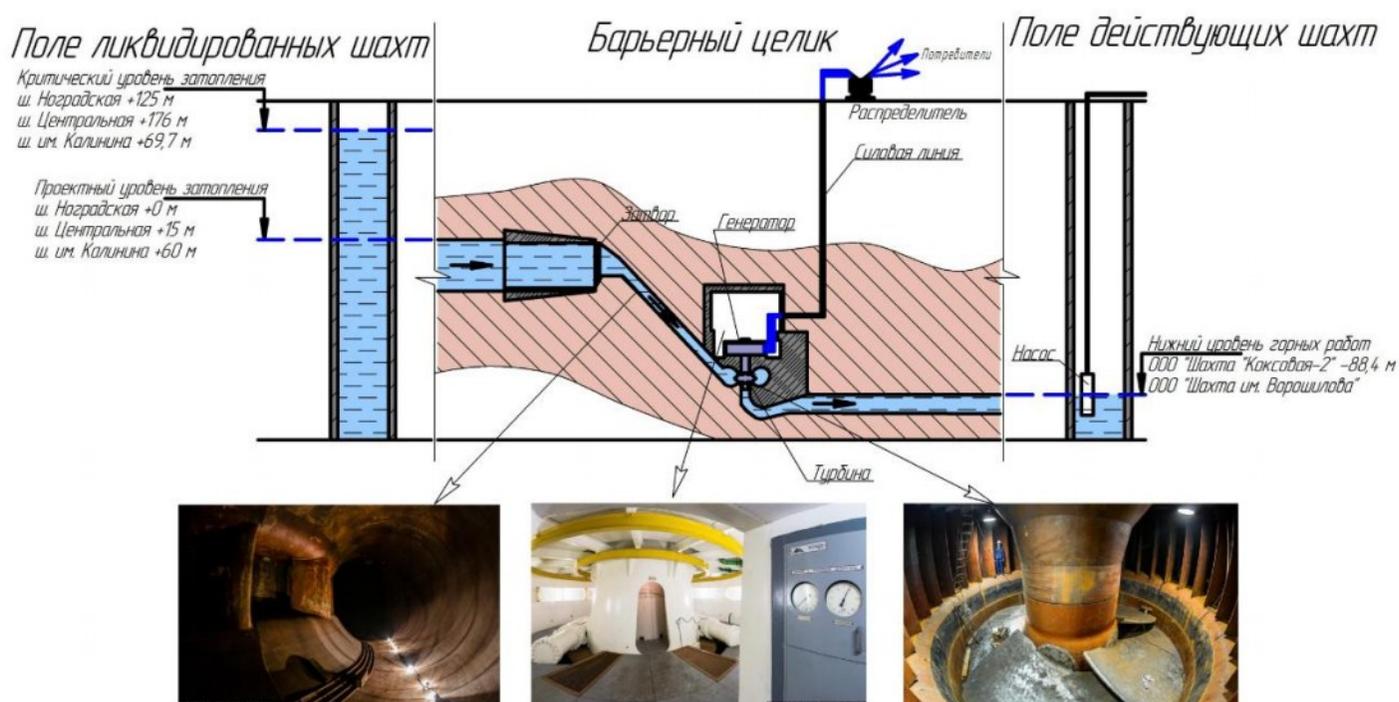


Рис.3. Схема расположения гидроэлектростанции между шахтными полями действующей и ликвидированных шахт

Уровень затопления на ликвидированных шахтах обеспечивается путем сброса воды в действующую шахту непосредственно через гидроэлектростанцию, затем отработавшая вода откачивается либо на поверхность, либо в питающие каналы гидроэлектростанции. Установка нескольких агрегатов мощностью до 5 МВт в местах максимального пре-

вышения гидрологических уровней (рис.4) позволит минимизировать риск выхода из строя агрегатов. Полученная на подземной гидроэлектростанции электроэнергия направляется в шахтную энергосеть и компенсирует дополнительные затраты на водоотлив.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

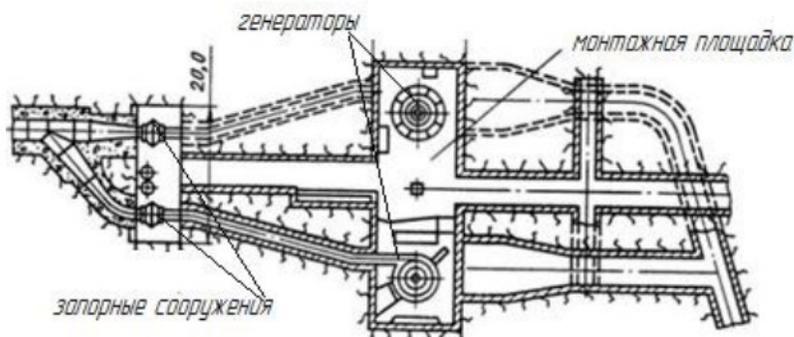


Рис.4. Компоновка машинного зала с двумя агрегатами

Для того, чтобы в кратчайшие сроки закончить строительство и ввести установки в эксплуатацию, данный проект потребует дополнительного финансирования на расширение выработок и приобретение не характерного для шахты энергетического оборудования, разработки специальных мероприятий по минимизации риска эксплуатации гидротехнических сооружений и государственного надзора. Электроэнергия, полученная в результате преобразования энергии потока воды, направляется в шахтную сеть и, согласно выполненным расчетам, полностью компенсирует дополнительный расход электроэнергии на водоотлив со смежных шахтных полей, а остаток используется на собственные нужды горного предприятия. Сэкономленные средства позволят предприятию эффективно доработать месторождение, обеспечивая при этом занятость местного населения.

Основными предпосылками при разработке концепции строительства подземной гидроэлектростанции являются:

- наличие готовых подземных выработок, необходимых перепадов высот, больших объемов шахтных вод;
- механические характеристики массива пород позволяют использовать их несущую способность, что позволит снизить до минимума затраты на строительство дополнительных бетонных конструкций;

- независимость места размещения машинного зала от рельефа местности на поверхности земли обеспечивает возможность существенного сокращения длины деривации;
- практически полная защищенность машинного зала от ливневых и селевых потоков, снежных лавин, камнепадов, обвалов и оползней, а также других неблагоприятных для эксплуатации и строительства гидроэлектростанций природных явлений, характерных для горных районов, сводит к минимуму риск природных катастроф;
- возможность с минимальными дополнительными затратами обеспечить заглубления агрегатов позволяет применять высокоскоростные гидроагрегаты повышенной производительности;
- в определенных природных условиях подземное размещение машинного зала является не только наиболее экономичным, но и единственно приемлемым решением.

Предварительные экономические расчеты показали, что стоимость проекта по строительству подземной гидроэлектростанции в выработках шахты и стабилизации гидрологической обстановки составит около 8 млн. долларов. Для реализации проекта необходимо разделение структуры капитала среди учредителей. Учитывая внушительную системообразующую и инфраструктурную роль подземной гидроэлектростанции, инновационность и перспективность проекта, целесообразно провести более детальную проработку технических решений, заручиться поддержкой государства на развитие системообразующей отрасли региона.

Литература

1. Куперман В.Л., Мостков В.М., Илюшин В.Ф., Гевирц Г.Я. Подземные сооружения гидроэлектростанций. - М.: Энергоатомиздат, 1996. - 320 с.
2. Дмитриев Н.В., Мариничев А.М., Бубман И.С. Состояние и перспективы развития технологии подземного гидротехнического строительства//Гидротехническое строительство. 1990. №4. С. 7 - 9.

Марина Владимировна Рыльникова, д-р техн.наук, профессор, зав.отделом теории проектирования освоения недр ИПКОН РАН, тел.: (495) 360-29-13, факс: (495) 360-89-60, E-mail: rylnikova@mail.ru;

Иван Сергеевич Туркин, магистр наук, аспирант кафедры "Подземная разработка месторождений полезных ископаемых" ФГБОУ ВПО "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова", тел.: 8-902-605-06-28, Факс: (3519) 23-57-59, 29-84-26, E-mail: 79026050628@yandex.ru

Уважаемые коллеги!

Московский Государственный Университет Геодезии и Картографии (МИИГАиК), Сибирская Государственная Геодезическая Академия (СГА), Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (ИрГТУ), Международная Федерация Геодезистов (FIG), Союз маркшейдеров России приглашают Вас принять участие в работе VI научно-практической конференции «Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъемка. На рубеже веков», г. Москва, которая пройдет с 12-13.02.2015.

С тематикой конференции, контрольными сроками и требованиям к оформлению заявок и текстов докладов можно ознакомиться на сайте www.con-fig.com или по тел. +7(926)294-03-41 Светлана Герасимова, E-mail: info@con-fig.com, s.g.gerasimova@gmail.com.

Редакция «МВ»

УДК 528.2:629.78

А.В.Гальянов

О КЛЮЧЕВЫХ ПОНЯТИЯХ ТЕОРИИ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Рассматривается сущность понятий «ошибка», «погрешность», «точность», в приложении к решению вопроса оценки точности результатов непосредственных угловых и линейных измерений в практике маркшейдерских схем и создания сетей сгущения опорного обоснования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ошибка; погрешность; точность; измерение; накопление ошибок; оценка результатов.



В 2002 г. вышла книга В.А.Гордеева «Теория ошибок измерений и уравнивательные вычисления» [1], в которой автор заостряет внимание на некорректности рассмотрения понятий «ошибка» и «погрешность» как синонимов. В 2006 г. и 2007 г. В.М.Зимин в двух статьях [2, 3], как бы продолжает

обсуждение использования этих ключевых понятий в теории оценки результатов непосредственных измерений применительно к обработке геодезических измерений. Разделяя концептуально позиции указанных авторов, предлагаем (для обсуждения) читателю собственную транскрипцию некоторых устоявшихся в обиходе ключевых понятий рассматриваемой теории.

В отечественную специальную (маркшейдерско-геодезическую) литературу понятия «ошибка», «погрешность» и «точность» измерений уверенно вошли в обращение вместе с фундаментальным трудом В.И.Баумана [4] и статьями обзорного характера профессоров Г.А.Тиме и П.М.Леонтовского, на которые указывает сам В.И.Бауман. При этом первоисточником основополагающей математической формы служили работы немецких и французских геодезистов и, конечно же, К.Гаусса.

Известно, что мышление в своей основе образно и поэтому «накрепко» связано с объектом. В речевом варианте любое слово представляет собой понятие, содержательная сущность которого находится в некоторых рамках и однозначно воспринимается на слух. Разнотчение понятия приводит к разговору «слепого с глухим». Требование однозначности понятия лежит в основе всех теорий в науке, которая наполнена множеством примеров того, как понятия и терминология оттачивались временем.

Уже первое ознакомление с работой В.И.Баумана [4] останавливает внимание на том, что понятия «ошибка» и «погрешность» рассматриваются им как терминологические синонимы, то есть как тождественные, равноценные понятия. Так, в главе IX раздела «Наклонение погрешностей» им используются словосочетания, вроде: «погрешность измерений, распределение погрешностей, вероятность появления ошибок, распределение ошибок, средняя ошибка, точность измерений, погрешность отсчитывания и визирирования, ошибки центрирования» и т.д. Но уже в главе X, посвященной уравниванию измерений, речь идет о средних ошибках наблюдений положения точки в области эллипсоида погрешностей: «Все вообще измерения сопровождаются погрешностями, пра-

вильные или систематические погрешности могут быть приняты в расчет. Наконец, собственно случайными называются погрешности, зависящие от причин, действующих безразлично в ту и другую сторону и, следовательно, ошибки случайные как по величинам, так и по знаку. Возникает вопрос о том, какую величину следует принять за меру данной случайной погрешности. Для решения этого вопроса мы попытаемся выяснить характер распределения случайных ошибок». Этот «дуализм», подкрепленный непререкаемым авторитетом В.И.Баумана, автоматически перекочевал в сознание нового поколения маркшейдеров в России.

В 1931 г. в нашей стране выходит первое издание учебного пособия по теории случайных погрешностей (ошибок) И.М.Бахурина [5], которое и на сегодняшний день следует считать наиболее удачной формой представления основ уравнивательных вычислений при производстве маркшейдерских работ по созданию опорного и съемочного обоснования как на поверхности, так и в шахтных условиях (второе издание вышло в 1962 г.). Уже в первом разделе автор отмечает: «Изучая теорию случайных погрешностей, читатель должен прежде всего уяснить, о каком виде погрешностей идет речь и отделить в своем сознании класс случайных погрешностей от других родов ошибок. Теория случайных ошибок строится на некоторых допущениях. Ключом к практическому приложению теории является выяснение и отчетливое понимание накопления случайных погрешностей. Методы съемки не освобождают инженера-маркшейдера от необходимости знания теории случайных ошибок. Знание теории случайных погрешностей дает возможность сознательного овладения техникой дела» и т.д.

В 1950–1953 гг. издаются учебники по маркшейдерскому делу Д.Н.Оглоблина [6], в которых при изложении основ теории оценки точности выполняемых маркшейдерских измерений использует исключительно понятия «ошибка» и «средняя квадратическая ошибка», не останавливаясь при этом на обсуждении сущности этих понятий, принимая их как совершение очевидные вещи. В аналогичной форме дается представление по анализу точности и уравниванию подземных и теодолитных ходов в гл. XIII учебника «Маркшейдерское дело» Ленинградского горного института 1959 г. издания [7]. Здесь точно также используется только термин «ошибка».

Заслуживает внимания книга профессора Колорадского университета (США) Дж.Тейлора «Введение в теорию ошибок» [8], в которой теоретическая концепция автора представляется следующим образом:

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

«Ошибка в научном измерении означает неизбежную погрешность. Мы будем использовать слова «ошибка» исключительно в значении «погрешность», считая эти два слова равноценными» (перевод с англ. Л.Г.Деденко).

Принципиально иную точку зрения высказал В.А.Гордеев в книге [1], в которой изложены основные положения «теории ошибок» измерений и уравнительных вычислений по методу наименьших квадратов применительно к решению маркшейдерско-геодезических задач и в которой совершенно однозначно понятия «ошибка» и «погрешность» измерений рассматриваются в концепции не синонимов, а в различной смысловой интерпретации: «Величина отклонения результата измерений x от истинного значения измеренной величины X , определяемая по формуле $\varepsilon = x - X$, называется истинной абсолютной ошибкой результата измерения или просто ошибкой измерения. Хотя в обыденной жизни термин «ошибка» и «погрешность» – синонимы, для нас они отличаются, по происхождению. Погрешности возникают по субъективным причинам, как результат осознанно совершаемого исполнителем неверного действия. Ошибки появляются объективно, неизбежно, независимо от желания исполнителя. Величина отклонения приближенного значения числа от точного называется погрешностью округления. Термином «погрешность» мы подчеркиваем происхождение этого отклонения как результат сознательного действия. Неслучайная по своему происхождению погрешность округления в массовых проявлениях приобретает свойство случайной величины – непредсказуемость. Качественная сторона процесса измерения характеризуется точностью измерений, которая определяется степенью близости результатов измерений к истинному значению измеряемой величины. Так как истинное значение неизвестно, о качестве измерений можно судить по разбросу результатов многократных измерений одной величины». Правильная в целом постановка вопроса «утяжелена» попыткой оценить объективность и субъективность сущности этих понятий.

Схожая позиция высказана В.М.Зиминим [2] в 2006 г.: «В действительности термины «погрешность» и «ошибка» имеют свои различные смысловые понятия и должны использоваться по их самостоятельным предназначениям, ошибка применяется как характеристика результата не только при измерении, но и вообще при определении неправильности. В этом случае определяется отклонение полученного (действительного) результата от истинного. Поэтому ошибку в принципе всегда можно установить и исправить. С понятием точности измерения термин «ошибка» не должен связываться, термин «ошибка измерения» никак не может сочетаться с функционированием технического средства измерения – это нонсенс: теодолит не может «ошибаться». Термин «ошибка» имеет право на применение для оценки качества выполненной работы измерителем, но не по точности, словосочетание «теория ошибок» в смысле понятии теории оценки точности измерений

нельзя признать удачным неологизмом».

Таким образом, рассмотрение наиболее «знаковых» работ по оценке точности результатов позволяет заключить, что в теории этого вопроса до сих пор не существует завершенности в разработке понятийного аппарата, строгости и однозначности его определения, а, следовательно, и построения логически непротиворечивой математической структуры. Такое положение становится понятным, если учесть, что в латинских языках нет таких тонких смысловых оттенков, как в русском. Например, немецкое *der fehler* означает ошибку, погрешность, порок, изъян; *der fehlerausgleich* – компенсация ошибки, погрешности; *fehlergrenze* – граница (предел) ошибки, погрешности и т.п. – все однокоренные слова уравнивают понятие ошибки и погрешности. На английском языке *the error* означает ошибку, погрешность, а *mistake* – ошибку (грамматическую), заблуждение. Понятие «точность» связывается с *the precision* – точность, четкость, меткость. В основных понятиях метрологии также нет четкого разделения понятий «ошибка» и «погрешность».

Обобщая специальную литературу по рассматриваемому вопросу, нельзя не отметить самую тесную связь теоретических построений «теории ошибок» с основами математического анализа, теории вероятностей и математической статистики. Собственно, то, что именуется сегодня «теория ошибок», есть прямое приложение выше названных математических дисциплин к решению задач, связанных с оценкой точности выполняемых непосредственных измерений и функций этих измерений. Гносеологической концепцией «теории ошибок» следует признать соединение детерминистской и стохастической модели объективных процессов в наблюдаемых нами явлениях, что и обеспечивает наибольшую полноту знаний о них. Это стало возможным только в начале XX в., после того как в 1901 г. А.М.Ляпунов (1857-1918) доказал сходимости композиции N знаков распределения случайных величин (при $N \rightarrow \infty$) к форме, которую, с наперед заданной точностью, можно интерпретировать уравнением

$$f(x) = A \exp(-BX^2),$$

т.е. уравнением, которое сегодня называется кривой Гаусса или нормальным распределением плотности случайной величины X . В современной интерпретации композиция случайных величин представляется как сумма случайных векторов, которая имеет вид

$$\vec{Z} = \sum_1^n \vec{X}_i.$$

В этом случае $\sigma_z^2 = \sum \sigma_{x_i}^2$. Здесь значения x_i являются независимыми величинами. Таким образом $f(z_k)$ стремится к нормальному распределению плотности случайной величины Z_k .

Придадим рассмотрению нашего вопроса несколько формальную схему. Пусть дана функция $y = f(x)$ и требуется оценить ее изменение от аргу-

мента x . Дифференцируя y по x , имеем

$$dy = \frac{\partial f}{\partial x} dx = f'(x)dx.$$

При этом предполагается, что $dx = \Delta x = x_{i+1} - x_i$ по абсолютной величине достаточно мало по отношению к x , т.е. $\Delta x \Rightarrow 0$. Придавая значению dx характер случайного изменения относительно некоторого фиксированного значения $x = x_k$, получим также изменение y около фиксированного значения y_k . Таким образом, будем иметь некоторую статистическую совокупность информации по изменению аргумента x и функции y , к которым допустимо применить аппарат математической статистики. Придавая dx , а следовательно, и dy вероятностный смысл и освобождаясь от символики математического анализа, дабы не внести путаницы, заменим запись dx на Δx либо δ_x, ε_x и т.п., а dy , соответственно, на Δy либо δ_y, ε_y . Тогда выражение ошибки функции y от ошибки аргумента x примет вид

$$\Delta_y = f'(x)\Delta_x.$$

При этом под ошибкой параметра X (в самом общем виде) понимается величина отклонения значения x_i от некоторого фиксированного значения $x_k = const$:

$$\Delta_i = x_i - x_k.$$

Так, при линейных измерениях в качестве x_k может приниматься какое-либо «эталонированное» значение, например, среднее значение, если неизвестно истинное. Таким образом, «ошибка», как неверный результат, характеризуется в первую очередь своей индивидуальностью и принадлежностью к конкретному значению x_i . Ее степень неопределенности (энтропия) связывается с вероятностью появления знака плюс или минус и колебанием модуля абсолютного значения. Из этого вытекает, что статистические характеристики случайной величины X представляют собой обобщающие параметры рассматриваемого множества значений: среднее значение (\bar{x}) определяет собой «центр тяжести» или «центр рассеяния» значений x_i ; дисперсия σ^2 (среднее квадратическое значение ошибок) и стандарт σ характеризуют собой погрешность измерений – статистическую меру расхождения частных значений от среднего.

Таким образом, между понятиями «ошибка» и «погрешность» существует принципиальное математическое отличие – случайная ошибка (Δ_i) параметра X индивидуальна и варьирует в пределах $\pm(3-4)$ кратного значения стандарта (погрешности) σ , при $P > 0,997$, определяя собой устойчивость среднего значения в объеме выборки в полном соот-

ветствии с «Законом больших чисел»; погрешность измерения служит как бы технической характеристикой метода непосредственного измерения. Это и делает целесообразным использование σ или (m) в инженерных расчетах для оценки качества выполненных непосредственных измерений. Поскольку понятие «ошибка» обладает индивидуальностью, случайностью, она относится к характеристике единичного измерения и в этом контексте ошибка не имеет теории. Теория предполагает описание сущности явления, события, процесса. Сущность многократных измерений как раз и состоит в том, что при сложении случайных величин ошибки сказываются, но «невидимым» для исполнителя образом. Поэтому предметом теории и является изучение характера накопления ошибок и то, что сегодня называется «теория ошибок» лингвистически правильно обозначать как «теория накопления ошибок в системе серийных измерений».

Различие в природе случайных величин затрудняет, а иногда и просто не допускает, их прямое сравнение между собой. Устранение этой ситуации достигается переходом к сравнению относительных

величин вида $M_o = 1 : \frac{\bar{x}}{\sigma}$, получивших название «точность» измерения. И когда мы, сравнивая два результата измерений, например, длин, имеем $M_o^{(1)} = 1 : 1000$, а $M_o^{(2)} = 1 : 2000$, мы понимаем, что второй результат в два раза точнее первого, т.е. погрешность первого измерения составляет ± 1 мм/м, а второго – 0,5 мм/м.

Несколько иначе обстоит дело при сравнении угловых измерений. Здесь $1 : (\rho / m_\alpha)$ ($\rho = 206265''$) не воспринимается из-за отсутствия геометрической образности. Поэтому на практике при оценке точности угловых измерений пользуются самой погрешностью m_α . Например, в случае, когда один угол измерен с погрешностью $\pm 5''$, а другой $\pm 10''$, совершенно очевидно, что первая серия измерений лучше второй, т.е. точнее.

Наконец, следует обратить внимание на закрепившееся в литературе понятие «среднеквадратическое значение» ошибки. Под этим понятием принимается значение

$$m = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}}, \quad \text{а не} \quad \bar{m}^2 = \frac{\sum \Delta_i^2}{n}.$$

Математически правильному представлению понятия «среднеквадратическое значение» соответствует \bar{m}^2 , а за формой m , которой принадлежит знак (\pm) и которая есть обобщенная статическая характеристика в виде стандарта σ , в инженерной практике закрепилось понятие «погрешность». Среднее квадратическое значение \bar{m}^2 есть просто «центр тяжести» (центр симметрии) квадратичной структуры и оно находится в полном соответствии с понятием

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

среднего арифметического значения этой структуры (второй начальной момент).

Главным формальным отличием ошибки от погрешности является то обстоятельство, что ошибки независимых случайных величин складываются алгебраически, а погрешности квадратически, т.е.

$$\Delta\left(\sum_1^n x_i\right) = \sum_1^n \Delta x_i, \text{ а } m\left(\sum_1^n x_i\right) = \left(\sum_1^n m_{x_i}^2\right)^{0,5}$$

Соответственно, и характер наклона этих параметров случайных величин разный. Так принимая

$m_{x_i} = const = m_{o(x)}$, будем иметь, что

$m_n(x) = m_o(x)\sqrt{n}$ (классическая форма). Если же

принять $|\Delta x_i| = const = a$, то, вопреки ожидаемому

$\Delta_n(x) = an$, получим $\Delta_n(x) \neq an$, поскольку

$$\Delta_n^2(x) = a^2 \left(n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n r_{ij} \right),$$

где r_{ij} есть нормированная автокорреляционная функция ряда измерений от 1 до n , которая изменяется от -1 до +1.

Итак, различие между понятием «ошибка» и «погрешность» столь же принципиальное, как и отличие между квадратом суммы и суммой квадратов в алгебре. Следует принимать во внимание также то обстоятельство, что воспитание новых инженерных кадров

на некорректных в своем использовании понятиях фактически создает для них препятствие к осмыслению законов природы.

Литература

1. Гордеев В.А. Теория ошибок измерений и уравнительные вычисления. Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во УГГА. 2002. 438 с.
2. Зимин В.М. О метрологических терминах в геодезии // Маркшейдерский вестник. №4. 2006 г.
3. Зимин В.М. О словосочетании «измерение направления» // Маркшейдерский вестник. №1. 2007 г.
4. Бауман В.И. Курс маркшейдерского искусства. ч.III. О погрешностях маркшейдерских измерений, наполнений и уравновешении погрешностей/ С-Петербург. изд. К.Л. Риккера. 1908. 173 с.
5. Бахурин И.М. Курс маркшейдерского дела. Спец. часть. Изд.2-е. М.: Высшая школа. 1962. 490 с.
6. Оглоблин Д.Н. Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений. М: Металлургиздат.: ч.I. 1959. 622 с; ч.II. 1952. 294 с.ч.III.1959. 264 с.
7. Маркшейдерское дело / Казаковский Д.А., Аверушин С.Г., Белоликов А.Н., Гусев М.И. и др.-М.: Углекиздат, 1959. 688 с.
8. Тейлор Д.Ж. Введение в теорию ошибок. М.: МИР, 1985. 272 с.
9. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Изд. 3-е. М.: Наука. 1964. 576 с.

Работа выполнена при поддержке гранта РФНФ №12-03-00066.

*Алексей Владимирович Гальянов, д-р техн. наук, профессор,
Уральский государственный горный университет
г. Екатеринбург, E-mail: sgimd@mail.ru*

УДК 622.1+528.1

А.Г.Алексенко, А.В.Зубов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРКШЕЙДЕСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С УЧЁТОМ ПАРАМЕТРОВ НАДЁЖНОСТИ

Рассмотрено использование внутренней и внешней надёжности при проектировании маркшейдерско-геодезических сетей. Приведён перечень задач, который можно решать с использованием частной избыточности и внешней надёжности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: внутренняя надёжность; внешняя надёжность; контролируемость; частная избыточность; маркшейдерская сеть; проектирование маркшейдерской сети.



А.Г.Алексенко А.В.Зубов

При проектировании и предрасчёте точности маркшейдерско-геодезических сетей обращают внимание на ожидаемые средние квадратические погрешности тех или иных элементов.

Однако следует учитывать еще одну не менее важную характеристику сети, а именно - ее надёжность, под которой подразумевается способность реагировать на наличие дополнительных факторов

(грубых, систематических и ошибок исходных данных).

Оценка надёжности геодезических построений впервые была обозначена *W.Baarda*. По его предложению, «...оценку надёжности геодезических построений стали связывать с их способностью противостоять влиянию грубых ошибок измерений, близких по величине к допустимым...» [1]. Впоследствии был опубликован ряд работ (Ю.И.Маркузе [2], В.А.Вагин [3, 4], О.С.Разумов [5] и др.), в которых рассматривались различные аспекты проблемы надёжности геодезических построений, в том числе и применительно к рекуррентному способу уравнивания.

Различают **внутреннюю надёжность** (контро-

лируемость сети от искажающих факторов) и **внешнюю** (как показатель влияния невыявленных малых помех на оценки параметров и их функций) [2]. Показатели надёжности геодезической сети не менее важны, чем показатели точности, однако, в действующих инструкциях по построению плановых и высотных сетей отсутствует перечень параметров надёжности и допусков на их значения.

Определение параметров надёжности особенно важно для маркшейдерских сетей, учитывая их невыгодную форму, а также недостаточное количество исходных данных и избыточных измерений.

Разработка концепции оценки надёжности у разных авторов представлена по-своему.

Например, под внутренней надёжностью [2] понимают величину Δl_i максимальной грубой ошибки, которую еще можно выявить с заданной надёжностью (вероятностью) в i -том измерении с помощью статических тестов. Эта величина вычисляется по формуле *Baarda*:

$$\Delta l_i = \frac{\delta \cdot m_i}{\sqrt{d_{ii}}}, \quad (1)$$

где δ - параметр, зависящий от уровня значимости или доверительной вероятности; m_i - предполагаемая точность измерения (СКП i -го измерения); d_{ii} - составляющая избыточности i -го измерения.

Внутреннюю надёжность в [6] характеризуют величиной, показывающей какой процент допущенного искажения (ошибки) войдёт в виде поправки в данное измерение. Эту величину d_{ii} называют частной (локальной) избыточностью или контролируемостью. Остальная часть (процент) грубой ошибки распределится в том или ином виде по другим измерениям.

В [5] рассматривается влияние на точность геодезических построений ошибок, превышающих допустимые границы, в частности, их влияние на координаты пунктов сети. Внешняя надёжность определяется выражением

$$\Delta X = (A^T P A)^{-1} A^T P \Delta l_i,$$

где на i -том месте вектора стоит граничное значение ошибки Δl_i , установленное с заданной вероятностью, а на остальных позициях нули. Обозначение матриц приведено чуть ниже.

В [2] под внешней надёжностью понимают показатели влияния невыявленных с помощью статических тестов дополнительных факторов (например, грубых ошибок, ошибок исходных данных) на результаты уравнивания.

Влияние невыявленной ошибки Δl_i на уравниваемые координаты ΔX_i можно записать в виде

$$\Delta X_i = -Q a_i^T p_i \Delta l_i,$$

где a_i - i -я строка матрицы A с весом p_i ;

В качестве показателя внешней надёжности берут ΔX_{\max} из n значений ΔX_i .

Традиционно при параметрическом уравнивании маркшейдерско-геодезических сетей от системы уравнений поправок переходят к нахождению искомым векторов поправок в измерения V и поправок в параметры T , по которым в большинстве случаев и судят о наличии ошибок в измерениях:

$$N = A^T P A; \quad Q = N^{-1}; \quad W = A^T P L;$$

$$X = -QW; \quad V = AX + L,$$

где A - матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок; P - диагональная матрица весов; L - вектор свободных членов уравнений поправок; Q - матрица весовых коэффициентов.

Сильная «размазанность» ошибок по поправкам делает, по мнению многих авторов, применение данного алгоритма неэффективным при поиске, отбраковке грубых измерений и коррекции результатов уравнивания. Максимальное влияние ошибки, в зависимости от геометрии сети, может проявиться не на соответствующей поправке, а в совсем другом месте. Такой алгоритм становится источником неверных решений. Выходом из данной ситуации является использование матриц линейных преобразований:

$$X = B \cdot L; \quad V = D \cdot L,$$

где

$$B = -Q A^T P \quad \text{и} \quad D = E + A B. \quad (2)$$

Данные матрицы B и D отвечают за распределение поправок в измерения и параметры. Именно в этих матрицах содержится информация о перераспределении ошибок по поправкам. Именно они «размазывают» ошибки по поправкам, а на стадии проектирования (предрасчёта точности) эти матрицы позволяют получать параметры внутренней и внешней надёжности.

Внутренняя надёжность

В качестве показателя выявляемости грубых ошибок целесообразно использовать частную избыточность (контролируемость) d_{ii} , которая не менее чувствительна к точности и количеству избыточных измерений, чем внутренняя надёжность по формуле *Baarda* (1).

Рассмотрим структуру матрицы D (2): матрица в общем виде несимметричная, размера $n \times n$ (где n - число измерений). Она тесно связана с корреляционной матрицей поправок в измерения K_V [7]:

$$\begin{aligned} K_V &= \mu_0^2 (P^{-1} - A N^{-1} A^T) = \\ &= \mu_0^2 P^{-1} (E - A Q A^T P) = \mu_0^2 P^{-1} D' \end{aligned}$$

где μ_0 - априорная средняя квадратическая погрешность единицы веса.

Контролем получения матрицы D является сумма диагональных элементов (след матрицы), которая должна равняться числу избыточных измерений $Sp(D) = r$:

$$\sum_{i=1}^n d_{ii} = \sum_{i=1}^n \frac{r}{n} = r.$$

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Избыточные измерения распределяются по сети неравномерно, т.е. в одной части сети может быть большая доля избыточности, а в другой нет. Так как $r = \sum_{i=1}^n d_{ii}$, а избыточность любого элемента (измерения) не может быть более единицы, то $0 \leq d_{ii} \leq 1$. Таким образом, при элементах d_{ii} близких к нулю данное i -е измерение трудно заменимо (его невозможно проконтролировать другими измерениями), а при $d_{ii} \approx 1$ оно практически избыточно.

Диагональные элементы матрицы d_{ii} используются при определении индивидуальных допусков поправок, при поиске грубых ошибок и коррекции результатов уравнивания [6, 8]. Они показывают нормированную величину, которая в качестве поправки будет введена в данное измерение. Например, диагональный элемент $d_{ii} = 0.48$, следовательно, 48% грубой ошибки будет исправлено (компенсировано) поправкой после уравнивания.

Элементы данной матрицы показывают чувствительность сети к наличию грубых искажений в измерениях и её способности к обнаружению этих ошибок, а значит можно говорить о внутренней надёжности маркшейдерско-геодезической сети.

Необходимо заметить, что повышение точности того или иного измерения приводит к уменьшению его контролируемости и повышению внутренней надёжности по формуле *Baarda* (1).

В идеале необходимо проектировать маркшейдерско-геодезические сети таким образом, чтобы диагональные элементы матрицы D были равны между собой и большими по значению. Этого можно добиться увеличением количества избыточных измерений, равномерным распределением их по сети и сбалансированностью измерений по точности.

Внешняя надёжность

Так как матрица B (2) преобразовывает вектор свободных членов L в вектор поправок к предварительным значениям параметров T , в ней содержится информация о том, как невыявленные ошибки будут изменять определяемые параметры.

Матрица B - прямоугольная, размера $t \times n$ (где t – число неизвестных параметров). Элементы матрицы B показывают, как единица искажения в каждом измерении повлияет на каждый параметр. Чем больше значение конкретного элемента, тем большее влияние имеет данное измерение на искомую величину, и, допустив в нём небольшую ошибку, специалист получит сильное искажение определяемого параметра.

Элементы контролируемости и внешней надёжности позволяют на этапе проектирования сети ответить, например, на следующие вопросы.

- Какую предельную поправку может получить каждое измерение в результате уравнивания?
- Какая минимальная величина грубой ошибки может быть выявлена по результатам уравнивания?
- Какую частную избыточность имеет каждое измерение?
- Насколько равномерно распределена общая избыточность по всем измерениям?
- Какие измерения повлияют на конечные результаты в большей степени?
- На какой из параметров в большей степени повлияет грубая ошибка в данном измерении?
- В каком месте сети следует расположить дополнительные измерения (и с какой точностью), чтобы получить оптимальные результаты?

Таким образом, описанный анализ позволяет оптимизировать проектируемые измерения с учётом влияния элементов надёжности.

По мнению авторов, современные массовые программы компьютерной обработки маркшейдерско-геодезических сетей должны иметь возможность вычислять параметры надёжности.

Литература

1. *Baarda W. A testing procedure for use in geodetic networks. // Netherlands Geodetic Commission. -1968. -V.2. -N. 5. - P. 28-35.*
2. *Маркузе Ю.И. Основы уравнивательных вычислений: Учебное пособие для вузов.-М.: Недра, 1990.*
3. *Вагин В.А. Исследования по надёжности полигонометрических ходов и сетей // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. -1990. -№ 1. -С. 3-10.*
4. *Вагин В.А. Оптимизация геодезических сетей по критериям точности и надёжности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. -1992. -№1.-С. 25-32.*
5. *Разумов О.С. Алгебраическая сущность критерия Baarda для оценки надёжности геодезических построений // Геодезия и картография. -1995. - № 2. -С. 31-32.*
6. *Зубов А.В. Обобщенный и индивидуальный контроль допустимости поправок, полученных из уравнивания. Маркшейдерское дело и геодезия. С-Пб., изд. СПГГИ, 1995. С. 39-43.*
7. *Гудков В.М., Хлебников А.В. Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений: Учебн. для вузов.-М.: Недра, 1990.*
8. *Зубов А.В., Петров В.В. Выявление грубых ошибок и коррекция результатов уравнивания маркшейдерско-геодезических сетей с использованием матриц линейных преобразований. Маркшейдерское дело и геодезия. СПб., изд. СПГГИ, 1993. С. 70-73.*

Анастасия Геннадьевна Алексенко, аспирантка строительного факультета, тел.(812)328-86-20, E-mail: asyaalexenko@yandex.ru; Андрей Владимирович Зубов, канд.техн.наук, доцент кафедры Инженерной геодезии, тел. (812) 328-84-13, E-mail: zaw@spti.ru (Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» г.Санкт-Петербурга)

УДК 622.013.364

Н.В.Подкуйко, С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, Г.С.Курчин, Е.С.Майоров

ОСОБЕННОСТИ НОРМИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ БОГАТЫХ РУД ВТОРОЙ ЮЖНОЙ ЛИНЗЫ ШАХТЫ «МАЯК» РУДНИКА «КОМСОМОЛЬСКИЙ»

Рассмотрен опыт нормирования потерь и разубоживания при подземной добыче богатых медно-никелевых руд 2-ой Южной линзы слоевыми системами разработки на шахте «Маяк» рудника «Комсомольский» ЗФ ОАО "ГМК "Норильский никель".

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нормирование; потери; разубоживание; показатели извлечения.



Н.В.Подкуйко



С.А.Вохмин



Ю.П.Требуш



Г.С.Курчин



Е.С.Майоров

Минерально-сырьевой комплекс России имеет фундаментальное значение для экономики России. В течение ближайших десятилетий социально-экономическое развитие России во многом будет определяться состоянием дел в минерально-сырьевом комплексе, поскольку минерально-сырьевые ресурсы – важный потенциал для экономического развития страны, источник средств на модернизацию отечественной промышленности и развитие социальной сферы [1]. В настоящее время около 40% фондов промышленных предприятий и 13% балансовой стоимости основных фондов экономики России сосредоточено именно в сфере недропользования, а добывающими и геологоразведочными отраслями обеспечивается 25-35% ВВП и около 50% объема экспорта страны.

В связи с этим рациональное недропользование должно быть одним из основополагающих принципов государственной политики и инновационного развития России. Таким образом, решение вопросов рационального недропользования необходимо рассматривать как важную государственную задачу [1].

Основные требования рационального использования и охраны недр закреплены в законе РФ «О недрах» (ст. 23) [2]:

1) соблюдение установленного законодательством порядка предоставления недр в пользование и недопущение самовольного пользования недрами;

2) обеспечение полноты геологического изучения, рационального комплексного использования и охраны недр;

3) обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов.

Согласно требованиям [3] горные предприятия обязаны вести учет состояния и движения запасов, потерь и разубоживания полезных ископаемых.

При этом применяемые системы разработки, технологические схемы подготовительных и очистных работ должны обеспечивать исключение или сокращение потерь полезного ископаемого. Для чего нормативы потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче устанавливаются на основании технико-экономических расчетов для каждой выемочной единицы, вовлекаемой в отработку в планируемом периоде, в соответствии с установленными требованиями. В случае изменения горно-геологических условий залегания полезных ископаемых в пределах выемочной единицы или технологии добычных (очистных) работ, а также технико-экономических показателей, учитываемых при нормировании потерь и разубоживания, показатели должны быть своевременно пересмотрены.

Согласно требованиям Закона Российской Федерации «О недрах» [2] нормативы потерь полезных ископаемых при добыче должны рассчитываться по конкретным местам образования потерь. Для каждой выемочной единицы должен составляться проект на ее отработку, в котором обосновывают извлечение из недр (коэффициент извлечения из недр), а также методы определения и учета показателей извлечения полезных ископаемых, обеспечивающие необходимую полноту, достоверность и оперативность установления фактических показателей извлечения.

Все вышеизложенное особенно актуально при отработке высокоценных руд, таких как залежи богатой медно-никелевой руды 2-ой Южной линзы шахты «Маяк» рудника «Комсомольский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» (2-Юл).

Залежь 2-Юл на участке проектирования работ представлена богатой (сплошной сульфидной) рудой Cu-Po , Cu-Sub-Po-Mn состава и залегает на глубине до 140 м от земной поверхности в основном в подошве дифференцированной габбро-долеритовой интрузии.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

зии, распространённой в осадочной толще в породах тунгусской серии и верхнего девона каларгонской серии, перекрытой четвертичными отложениями [8].

Богатая руда 2-Юл имеет сложную конфигурацию контура залежи в плане. Значительное усложнение формы и внутреннего строения залежи обусловлено вхождением в балансовый контур богатой руды участка прожилково-вкрапленного оруденения в такситовом габбро-долерите.

Залежь богатой руды 2-Юл представлена линзообразным телом, характеризуется максимальным углом падением около 40° только в верхней части линзы. В восточном направлении рудное тело опускается до контакта интрузива с осадочными породами верхнего девона, где плавно выклинивается. На западном фланге рудное тело выходит под толщу четвертичных отложений.

Длина линзы по простиранию составляет 327 м, максимальная ширина по падению составляет около 153 м, с выклиниванием на юго-восток. Максимальная видимая мощность рудного тела не превышает 12 м, средняя истинная составляет 3,5 м. Глубина залегания до 140 м. Для линзы характерно изменение мощности, как по падению, так и по простиранию рудного тела.

Перепад глубин залегания почвы залежи составляет около 85 м.

силикаты и другие нерудные минералы, особенно широко развиты в верхней части залежи и на участках выклинивания рудного тела. В зависимости от содержания последних, в пирротиновых рудах различаются: массивные руды, не содержащие силикатных включений или с незначительным содержанием их ($5 \div 7\%$), и руды с содержанием нерудных включений, достигающим 30% по отношению к сульфидной массе. Магнетит, относительное содержание которого, за редким исключением, не превышает 5% к общей массе сульфидов, распределён весьма неравномерно [8].

Для обработки богатых руд залежи 2-Юл принята слоевая система разработки с полной закладкой выработанного пространства твердеющими смесями и применением комплексов самоходного оборудования на всех стадиях выемки (ССС-30).

Рудное тело по вертикали делится на слои. Запасы слоя извлекаются тупиковыми (очистными) заходками шириной до 4,0 м и высотой до 3,5 м, проходимыми из слоевых ортов, с последующей закладкой заходок твердеющими смесями. Для обеспечения надежного подбучивания кровли закладываемых очистных выработок им придаётся уклон на $1-2^\circ$ больше угла растекания закладочной смеси. Порядок обработки заходок может быть сплошным или камерно-целиковым. Проходка очистных заходок осуществляется буровзрывным способом.

Очистные работы ведут с применением самоходного оборудования с дизельным приводом, как и при проходке горных выработок. Для отгрузки руды из забоев до пунктов перегрузки предусматривается также использовать погрузочно-доставочную машину типа «EST-3,5» [8].

После обработки заходки в её устье у слоевого орта возводится глухая закладочная перемычка. Закладочная смесь подается в выработанное пространство по бетоноводам, проложенным по фланговым уклонам. На слоевых ортах выполняются разводки. Заполнение выработанного пространства закладочной смесью может производиться через заранее установленные перемычки или через скважины, пробуренные из вышележащих слоевых ортов.

Заходки одного слоя, с целью сокращения длины тупиков и расстояния транспортирования горной массы, обрабатываются из двух слоевых ортов.

На участках со сложными горно-геологическими условиями отработка производится нисходящим порядком. Запасы на маломощных участках линзы обрабатываются заходками в один слой (ССС-31) (рис.4).

Проведенные исследования позволили разработать классификации потерь и разубоживания руды для условий отработки запасов 2-Юл. На рис.2-4 представлены условия формирования потерь и разубоживания для различных схем отработки запасов 2-Юл. В табл.1 и 2 указаны места образования потерь и разубоживания руды и основные причины их возникновения, а также технологический процесс очистной выемки, при котором формируются данные потери и разубоживание руды при отработке заходок системами СССР-30 и СССР-31.

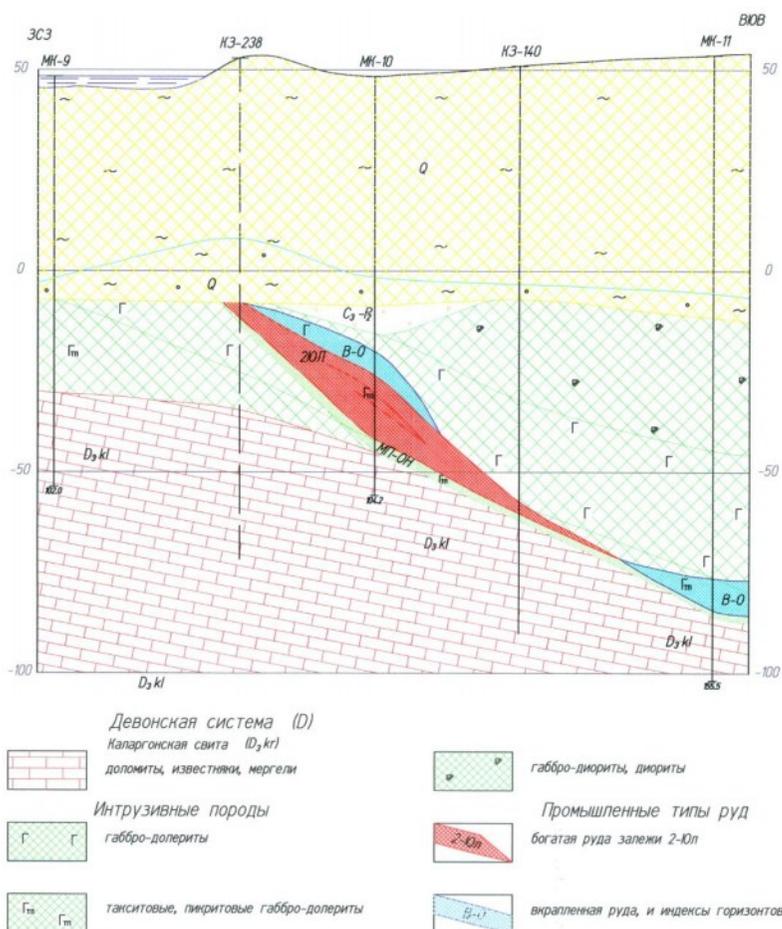


Рис.1. Залежь богатой руды 2-Юл

Залежь 2-Юл представлена талнахитовыми и кубанитовыми, реже пирротиновыми рудами. Главными минералами этой разновидности являются талнахит, кубанит, халькопирит, пирротин, пентландит и магнетит. В значительных количествах встречаются

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Таблица 1

Классификация эксплуатационных потерь руды для сплошной слоевой системы разработки с отработкой запасов заходкой в один слой (ССС-з1) и обособленной заходкой (ССС-з0) в условиях отработки 2-й Южной линзы шахты «Маяк» рудника «Комсомольский»

Наименование потерь руды (вид, место)	Условное обозначение	Варианты отработки		Причины и условия образования потерь руды
		ССС-з0	ССС-з1	
В массиве				
На борту на геологическом контакте	<i>Пн(б/зк)</i>	+	-	Оставление руды по борту и торцу заходки на геологическом контакте, обусловленное несовпадением контура отбойки с положением контакта
В торце на геологическом контакте	<i>Пн(т/зк)</i>	+	+	
По почве на геологическом контакте	<i>Пн(п/зк)</i>	+	+	Оставление руды по почве и кровле заходки на геологическом контакте, обусловленное несовпадением контура отбойки с положением контакта
По кровле в замках	<i>Пн(з/кр)</i>	+	-	
В отбитом виде				
По кровле на техногенном контакте в зажимах	<i>По(з/кр)</i>	+	-	Оставление отбитой руды на техногенном контакте в зажимах по кровле на почве выше расположенной заходки вследствие неполноты выемки
На почве и в плинтусах	<i>По(п)</i>	+	+	Оставление отбитой руды вследствие неполноты зачистки, обусловленной возможностями технологического оборудования, занятого на доставке и зачистке отбитой руды на почве заходки на геологическом, техногенном и рудном контактах

Таблица 2

Классификация эксплуатационного разубоживания руды для сплошной слоевой системы разработки с отработкой запасов заходкой в один слой (ССС-з1) и обособленной заходкой (ССС-з0) в условиях отработки 2-й Южной линзы шахты «Маяк» рудника «Комсомольский»

Наименование разубоживания руды (источник, место)	Условное обозначение	Варианты отработки		Причины и условия образования разубоживания руды
		ССС-з0	ССС-з1	
Породой				
С борта на геологическом контакте	<i>Вп(б/зк)</i>	+	-	Прихват породы с борта и торца заходки на геологическом контакте, обусловленный несовпадением контура отработки с положением геологического контакта
С торца на геологическом контакте	<i>Вп(т/зк)</i>	+	+	
Конструктивное по сечению	<i>Вп(к/с)</i>	+	+	Разубоживание, вызванное совместной отбойкой прослоев вмещающих пород в проектном контуре заходки
С почвы на геологическом контакте	<i>Вп(п/зк)</i>	+	+	Прихват породы с почвы или с кровли заходки на геологическом контакте, обусловленный несовпадением контура отбойки с положением геологического контакта
Закладочным материалом (бетоном)				
С борта	<i>Вб(б/тк)</i>	+	+	Прихват бетона при подработке борта смежной заложеной заходки, обусловленный воздействием БВР на массив закладки
С торца	<i>Вб(т/тк)</i>	+	+	Прихват бетона с торца заходки на техногенном контакте, обусловленный воздействием БВР на массив закладки
Конструктивное по сечению	<i>Вб(к/с)</i>	+	+	Прихват бетона за счет вовлечения бетона из ранее пройденных и заложённых выработок в проектных контурах выработки
С кровли на техногенном контакте	<i>Вб(кр/тк)</i>	+	-	Прихват бетона с кровли и с почвы заходки на техногенном контакте, обусловленный несовпадением контура отбойки с положением контакта
С почвы на техногенном контакте	<i>Вб(п/тк)</i>	+	-	
Поддир бетона с почвы	<i>Вб(пп/тк)</i>	+	-	Прихват бетона нижележащей заложеной выработки при отгрузке и зачистке отбитой руды

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

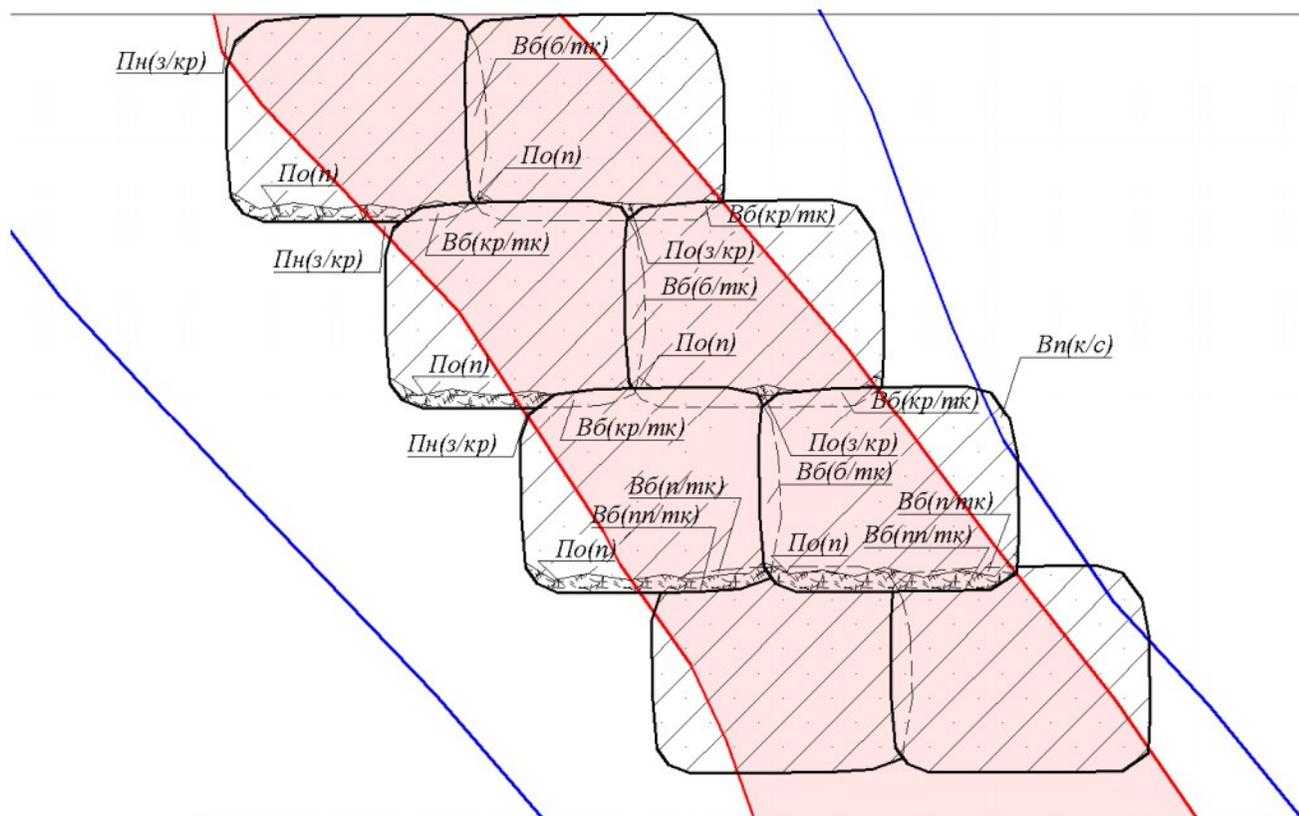


Рис.2. Схема формирования потерь и разубоживания при отработке запасов 2-ой Южной линзы обособленными заходками (ССС-30) в нисходящем порядке в условиях шахты «Маяк» рудника «Комсомольский»

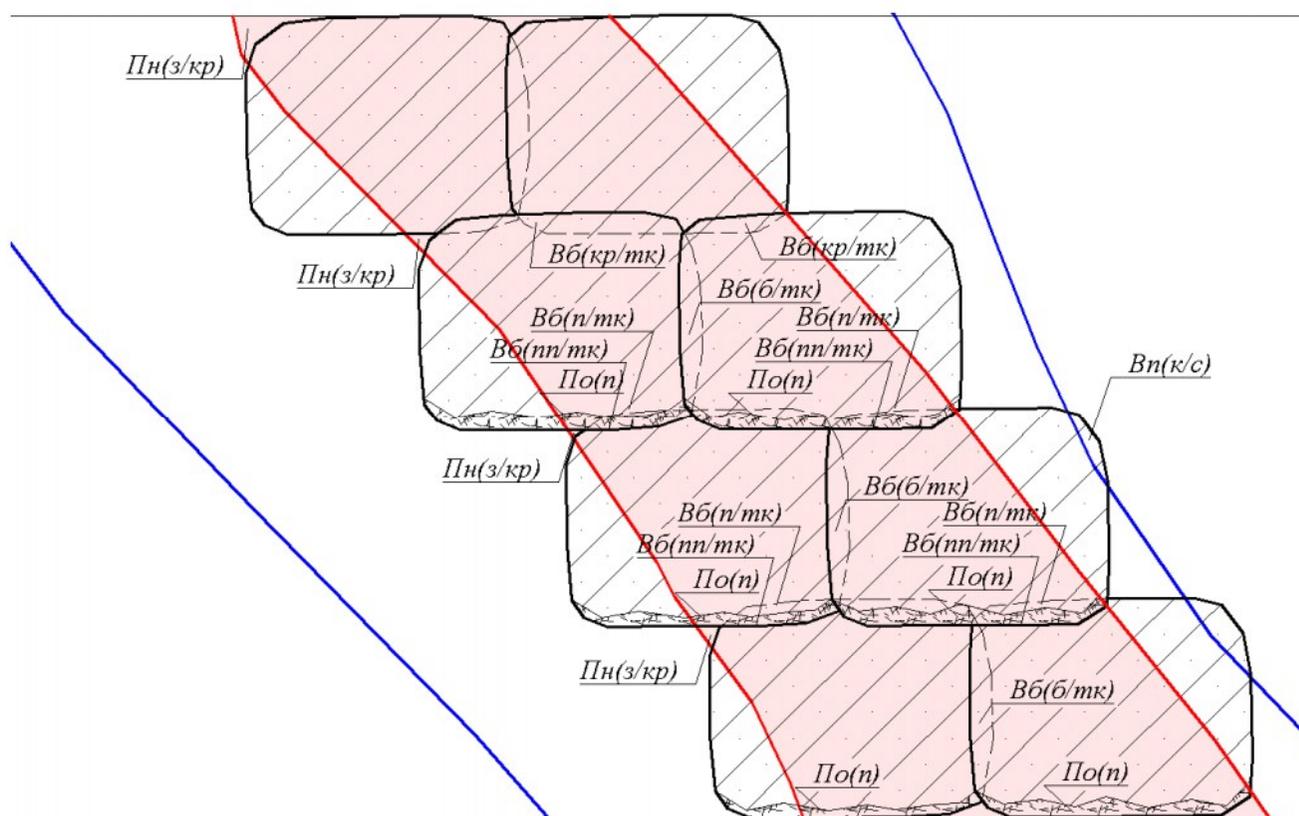


Рис.3. Схема формирования потерь и разубоживания при отработке запасов 2-ой Южной линзы обособленными заходками (ССС-30) в восходящем порядке в условиях шахты «Маяк» рудника «Комсомольский»

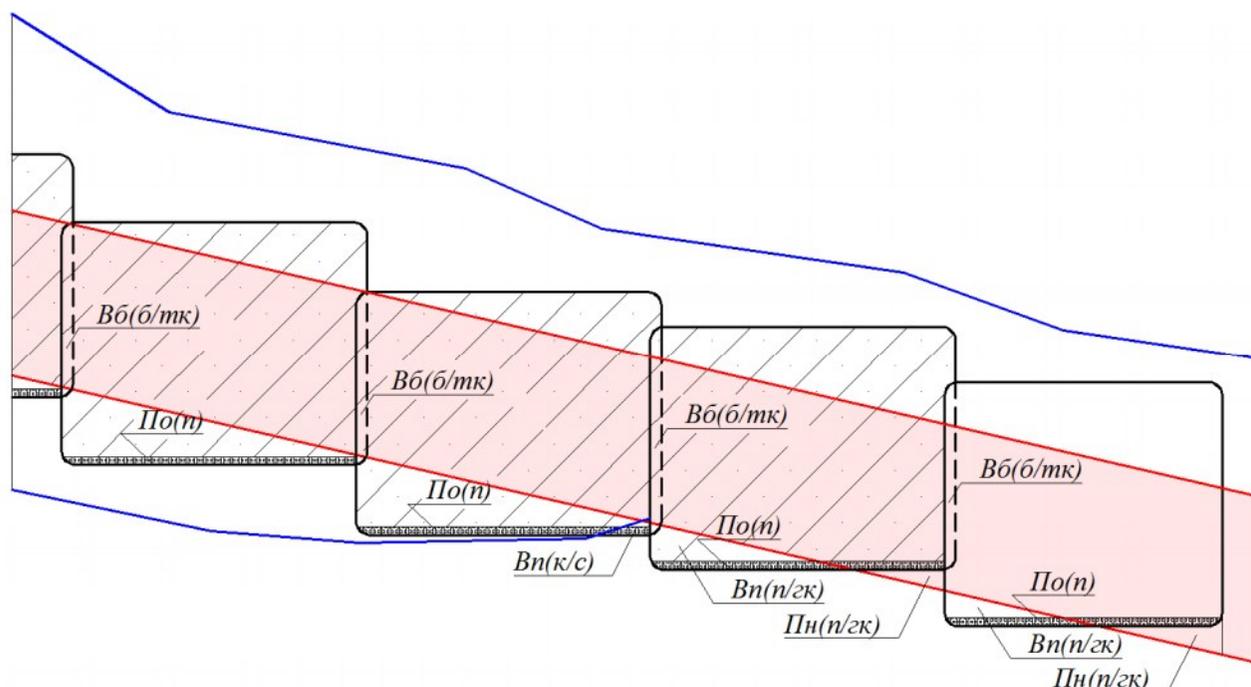


Рис.4. Схема формирования потерь и разубоживания при отработке запасов 2-ой Южной линзы заходками в один слой (ССС-31) в условиях шахты «Маяк» рудника «Комсомольский»

При составлении классификаций потерь и разубоживания было учтено, что они состояются только для проектного исполнения системы разработки в целом и ее отдельных конструктивных элементов, а также исходя из возможностей технологического оборудования, применяемого на процессах горных работ. Данный принцип predetermined оставление в этом перечне потерь и разубоживания по видам и местам их образования, присущих только данной технологической схеме отработки запасов.

В данных классификациях отражены места и источники потерь и разубоживания руды, а также состояние теряемого полезного ископаемого, раскрыты причины возникновения и механизм образования потерь и разубоживания руды. Это позволяет принять указанные классификации как основу для расчетной схемы и обоснования перечня исходных данных и для технико-экономической оценки последствий потерь и разубоживания руды при добыче.

При нормировании показателей извлечения целесообразно выделить взаимосвязанные и обособленные виды потерь и разубоживания.

Взаимосвязанными называются потери и разубоживание, когда при увеличении потерь уменьшается разубоживание руды и наоборот. Это условие присуще отработке запасов на геологических контактах руда-порода. Например, потери руды в массиве в почве $Пп(п/гк)$ и разубоживание вмещающими породами на геологических контактах $Вп(п/гк)$.

Нормативные уровни взаимосвязанных потерь и разубоживания соответствуют положению контура отработки, обеспечивающему наибольшую эффективность ведения горных работ по критерию максимальной прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого [2, 3]:

$$Пр = Ц_б \times K_H \times I_c - (C_{тов} \times K_H) / K_K \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $Пр$ - прибыль с 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого, руб.; $Ц_б$ - валовая цен-

ность 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого, руб.; K_H, K_K - соответственно, коэффициент извлечения полезного компонента из недр и коэффициент изменения качества добытого полезного ископаемого, доли ед.; I_c - сквозной коэффициент извлечения полезного компонента при переработке, ед.; $C_{тов}$ - суммарные затраты на добычу, транспорт и переработку 1 т товарной руды, руб.

Абсолютные нормативные величины потерь неотбитой руды на борту и торце заходки $Пп(б/гк)$ и $Пп(т/гк)$, а также разубоживание породой с борта и торца заходки $Вп(б/гк)$ и $Вп(т/гк)$ рассчитываются по формулам:

$$Пп(б / гк) = \frac{\mu_s^2}{2 \cdot (1 + \mu_s)^2} \cdot h_3 \cdot L_3 \cdot \gamma_p \cdot N_{пб}, \text{ Т}, \quad (3)$$

$$Вп(б / гк) = \frac{1}{2 \cdot (1 + \mu_s)^2} \cdot h_3 \cdot L_3 \cdot \gamma_n \cdot N_{пб}, \text{ Т}, \quad (4)$$

$$Пп(т / гк) = \frac{\mu_s^2}{2 \cdot (1 + \mu_s)^2} \cdot h_3 \cdot b_3 \cdot \gamma_p \cdot N_{пт}, \text{ Т}, \quad (5)$$

$$Вп(т / гк) = \frac{1}{2 \cdot (1 + \mu_s)^2} \cdot h_3 \cdot b_3 \cdot \gamma_n \cdot N_{пт}, \text{ Т}, \quad (6)$$

где $N_{пт}$ - количество породных торцов, м; $N_{пб}$ - количество породных бортов, м; b_3 - ширина заходки, м; h_3 - высота заходки, м; L_3 - длина заходки, м; γ_p - объемный вес руды, т/м³; γ_n - объемный вес пород, т/м³; μ_s - значение коэффициента, рассчитанное по формуле [6]:

$$\mu_s = \frac{C_{тов} - Ц_{вм} \times I_c}{Ц_б \times I_c - C_{тов}} \times \frac{\gamma_n}{\gamma_p}, \quad (7)$$

где $C_{тов}$ - полная себестоимость 1 т товарной руды, руб/т; $Ц_б$ и $Ц_{вм}$ - валовая ценность 1 т погашенных балансовых запасов и вмещающих пород соответ-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

венно, руб/т; I_c – сквозной коэффициент извлечения полезного компонента, %.

Абсолютная нормативная величина разубоживания руды закладочным материалом с торца заходки $Vб(м/тк)$ определяется по формуле:

$$Vб(м / тк) = \frac{h_3^2 \cdot \gamma_b \cdot b_3 \cdot N_{бт}}{4,21 + 0,9 \cdot h_3}, \text{ т}, \quad (8)$$

где $N_{бт}$ – количество бетонных торцов, шт; γ_b – объемная плотность бетона, т/м³.

Расчет нормативной величины разубоживания руды закладочным материалом с борта смежных выработок $Vб(б/тк)$ производится по формуле:

$$Vб(б / тк) = (0,005 \cdot b_3 + 0,883) \cdot h_3 \cdot \gamma_b \cdot L_3 \cdot N_{бб}, \text{ т}, \quad (9)$$

где h_3 – высота заходки, м; $N_{бб}$ – количество бетонных бортов, шт.

Нормативная величина разубоживания руды закладочным материалом вследствие поддира с почвы при зачистке $Vб(пп/тк)$ рассчитывается:

$$Vб(пп / тк) = 0,19 \cdot b_{п/тк} \cdot L_3 \cdot \gamma_b, \text{ т}, \quad (10)$$

где 0,19 – коэффициент, установленный экспериментальным путем; L_3 – длина заходки, м; $b_{п/тк}$ – ширина участка бетона по почве заходки, м.

Абсолютная нормативная величина объема бетона, прихватываемого с кровли заходки $Vб(кр/тк)$, определяется по формуле:

$$Vб(кр / тк) = (0,004 \cdot h_3 + 0,271) \cdot b_{кр/тк} \cdot L_3 \cdot \gamma_b, \text{ т}, \quad (11)$$

где $b_{кр/тк}$ – ширина участка бетона по кровле заходки, м.

Величина объема бетона, прихватываемого с почвы заходки $Vб(п/тк)$, определяется по формуле:

$$Vб(п / тк) = (0,002 \cdot h_3 + 0,378) \cdot b_{п/тк} \cdot L_3 \cdot \gamma_b, \text{ т}. \quad (12)$$

Потери руды в отбитом виде в плинтусах в торце заходки $По(пл/т)$ определяются по формуле:

$$По(пл / т) = \frac{0,125 \cdot b_3 \cdot \gamma_p \cdot N_m}{K_p}, \text{ т}, \quad (13)$$

где K_p – коэффициент разрыхления отбитой горной массы; N_m – количество торцов заходки (бетонных $N_{бт}$ или породных $N_{пм}$), шт; b_3 – ширина заходки, м.

Нормативная величина потерь руды в отбитом виде на почве заходки и в плинтусах $По(п)$ определяется зависимостями:

- на рудном контакте

$$По(п) = \frac{0,017 \cdot b_{п/рк} \cdot (0,5 \cdot L_{пдм} - 0,5)^{0,05} \cdot L_3 \cdot \gamma_p}{(1 + \rho)}, \text{ т}, \quad (14)$$

где $b_{п/рк}$ – ширина участка руды по почве заходки, м; $L_{пдм}$ – длина ковша ПДМ, занятого на погрузке, доставке и зачистке отбитой руды в (определяется по ширине машины), м; ρ – коэффициент разубоживания руды в отбитом виде в слое, определяемый по формуле:

$$\rho = \frac{B}{B - Пн + B}, \quad (15)$$

где B – величина разубоживающей массы по заходке, т; $Пн$ – потери руды в массиве по заходке, т; B – балансовые запасы заходки, т.

- на геологическом контакте

$$По(п) = \frac{0,017 \cdot b_{п/рк} \cdot (0,5 \cdot L_{пдм} - 0,5)^{0,05} \cdot L_3 \cdot \gamma_p}{(1 + \rho)}, \text{ т}, \quad (16)$$

- на техногенном контакте

$$По(п) = \frac{0,02 \cdot (1 - \rho)}{0,88 \cdot L_3 \cdot b_{п/тк}} \cdot L_3 \cdot \gamma_p, \text{ т}. \quad (17)$$

Абсолютная нормативная величина потерь руды в отбитом виде в зажимах по кровле $По(з/кр)$ рассчитывается:

$$По(з / кр) = \frac{0,031 \cdot L_3 \cdot \gamma_p}{(1 + \rho) \cdot K_p}, \text{ т}. \quad (18)$$

Величина потерь руды в массиве в замках по кровле $Пн(з/кр)$ определяется зависимостью:

$$Пн(з / кр) = 0,031 \cdot L_3 \cdot \gamma_p, \text{ т}. \quad (19)$$

Расчет нормативных абсолютных суммарных величин потерь и разубоживания руды при отработке запасов слоевой системой разработки с выемкой руды тупиковыми заходками и закладкой выработанного пространства (ССС-30) производится по формулам:

$$\sum П = Пн(б/зк) + Пн(т/зк) + Пн(п/зк) + Пн(з/кр) + По(з/кр) + По(п), \text{ т}, \quad (20)$$

$$\sum В = Вп(б/зк) + Вп(т/зк) + Вп(к/с) + Вп(п/зк) + Vб(б/тк) + Vб(т/тк) + Vб(к/с) + Vб(кр/тк) + Vб(п/тк) + Vб(пп/тк), \text{ т}, \quad (21)$$

Расчет нормативных абсолютных суммарных величин потерь и разубоживания руды при отработке запасов заходками в один слой (ССС-31) производится по ниже приведенным формулам:

$$\sum П = Пн(т/гк) + Пн(п/гк) + По(п), \text{ т}, \quad (22)$$

$$\sum В = Вп(т/гк) + Вп(к/с) + Вп(п/гк) + Vб(б/тк) + Vб(т/тк) + Vб(к/с), \text{ т}. \quad (23)$$

На основании вышеизложенной методики создана и в установленном порядке внедрена специализированная программа для расчета нормативов потерь и разубоживания руды при добыче богатых руд 2-Юл на ПК.

Программный продукт «Расчет нормативов потерь и разубоживания (далее «программа») предназначен для автоматизации расчета нормативов потерь и разубоживания полезного ископаемого при отработке богатых руд 2-Юл.

Программа включает в себя следующие функциональные модули:

1. Определение балансовых запасов в пределах выемочного блока.
2. Вычисление абсолютных значений величин потерь неотбитого и отбитого полезного ископаемого.
3. Расчет объемов разубоживающей массы породы и бетона.

Основными возможностями приложения являются:

1. Расчет абсолютных нормативных величин по-

терь и разубоживания руды на погашенные балансовые запасы в пределах выемочного блока.

2. Расчет абсолютных нормативных величин потерь и разубоживания руды на погашенные балансовые запасы в пределах отдельных конструктивных элементов системы разработки.

3. Расчет относительных величин потерь и разубоживания руды на погашенные запасы в пределах выемочного блока.

Программа предназначена для расчета нормативных величин потерь и разубоживания и может быть использована:

– на стадии планирования горных работ (составления календарных планов развития горных работ) для обоснования плановых величин потерь и разубоживания полезного ископаемого на планируемый период отработки и соответствующие погашаемые балансовые запасы;

– на стадии составления локальных проектов на отработку определенных балансовых запасов для обоснования плановых величин потерь и разубоживания полезного ископаемого на соответствующие погашаемые балансовые запасы в целом и по отдельным конструктивным элементам системы разработки.

Внедрение данной программы позволяет:

– ликвидировать ручной счет и реализовать более точный подход к расчету объемов потерь и разубоживания руды;

– значительно сократить трудоемкость работ при нормировании и планировании показателей извлечения из недр;

– создавать электронные отчеты и архивы, а также выводить итоговые документы на печатающих устройствах.

Нормирование показателей извлечения руды из недр - сложный, многофакторный процесс, при кото-

ром необходимо учитывать многообразие горно-геологических факторов, систему разработки и ее конструктивные параметры, что обуславливает необходимость своеобразия подхода к нормированию потерь и разубоживания руды.

Литература

1. Путин В.В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития российской экономики / Записки Горного института. 1999 Т.144 (1)

2. Закон Российской Федерации "О недрах" от 21.02.1992 №2395-1 (Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации, 1992, №16, ст. 834)

3. Правила охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых / Постановление Госгортехнадзора РФ от 06.06.2003 №71 (зарегистр. в Минюсте РФ 18.06.2003 №4718); приказ Минприроды России от 30.06.2009 №183 (зарегистрирован в Минюсте РФ 02.10.2009 № 14952)

4. Сборник руководящих материалов по охране недр. - М.: Недра, 1973.

5. Отраслевая инструкция по определению, нормированию и учету потерь и разубоживания руды и песков на рудниках и приисках Министерства цветной металлургии СССР. - М.: Госгортехнадзор, 1975. -127с.

6. Вохмин С.А. Планирование показателей извлечения при подземной разработке месторождений полезных ископаемых / С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, В.Л. Ермолаев // Монография – Красноярск: ГАЦМиЗ. – 2002. – 160 с.

7. Техничко-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр /Под общ. ред. М.И.Агошкова. – М.: Недра, 1974.- 312 с.

8. Проектная документация «Рудник «Маяк». Вскрытие, подготовка и отработка запасов богатых руд 2-й Южной линзы» 366609-ИОС7.2.1 –ООО «Институт Гипроникель» Норильский филиал «Институт «Норильск-проект» - Норильск, 2010.

Николай Владимирович Подкуйко, главный маркшейдер ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»;

Сергей Антонович Вохмин, канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Шахтное и подземное строительство»;

Юрий Прокопьевич Требуш, доцент кафедры «Шахтное и подземное строительство»;

Георгий Сергеевич Курчин, канд. техн. наук, зам.директора ИГДГиГ СФУ по науке, тел. 8-904-895-94-90;

Евгений Сергеевич Майоров, старший преподаватель кафедры «Шахтное и подземное строительство», тел. (391) 249-74-03

(Институт горного дела, геологии и геотехнологии Сибирского федерального университета (ИГДГиГ СФУ))

УДК 528.21.3 (070.8)

Ю.П.Куренёв, Т.Н.Малик

О КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ ДЕМЬЯНОВА Г.В.

Проанализированы три работы авторитетных геодезистов России и Чехии, посвященные развитию системы нормальных высот. Поставлен вопрос о методике нахождения точки на поверхности Земли, потенциал в которой $W_0 = U_0$ на поверхности общеземного эллипсоида, на которую следует устанавливать первую (заднюю) нивелирную рейку для выполнения геометрического нивелирования I или II классов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геодезическая высота; нормальная высота.



Ю.П.Куренев



Т.Н.Малик

Из трех геодезических координат широты B , долготы L и высоты H самой капризной и амбиционной оказалась последняя. На ее долю выпало несколько периодов транс-

формации в определительной части.

Очень длительное время господствовала система ортометрических высот, в которой составляющие геодезической высоты определялись вдоль отвесной линии. В 1958 г. в СССР стараниями славных геодезистов своего времени М.С.Молоденского, В.Ф.Еремеева и М.И.Юркиной была принята система нормальных высот, в которой составляющие геодезической высоты определяются вдоль нормали к поверхности эллипсоида. С 1966 г. почти все европейские страны и ряд других стран мира перешли на систему нормальных высот.

Все шло своим чередом, для получения геодезической высоты H методом геометрического нивелирования определялась нормальная высота H^γ и гравиметрическим методом определялась аномалия высоты ζ .

Но запуск ИСЗ и появление спутниковой геодезии привели к тому, что геодезическая высота H^G стала определяться сразу методом *GPS* и, как ни странно, с большей точностью ($m_H^G = \pm(2-5) \text{ см}$), нежели ее составляющие нормальная высота H^γ , ($m_H^\gamma = \pm(5-15) \text{ см}$) и аномалия высоты ζ , ($m_\zeta = \pm(20-30) \text{ см}$) [1, с.15].

Эта метрологическая странность, когда сумма двух величин измеряется с большей точностью, чем ее слагаемые, может быть объяснена только лишь тем, что изменился метод измерения, который оказался точнее традиционного.

Но сама по себе геодезическая высота как третья координата, полученная геометрическим способом с использованием *GPS*-измерений, не определяет гравитационное поле Земли. Это поле определяют ее составляющие – нормальная высота H^γ и анома-

лия высоты ζ . Произошло то, что и должно было произойти: геодезическая высота H^G , полученная спутниковым, т.е. геометрическим методом, оказалась неравной геодезической высоте H , полученной традиционным методом как сумма нормальной высоты H^γ и аномалии высоты ζ .

Одними из первых, кто забил тревогу в данной ситуации, были М.Бурша, Г.В.Демьянов и М.И.Юркина [2]. В этой работе впервые прозвучала мысль о новом «геоиде как уровенной поверхности потенциала силы тяжести реальной Земли, на которой потенциал равен U_{00} ». Здесь U_{00} – потенциал на поверхности эллипсоида. Эта идея, мало кому понятная, возможно осталась бы и вовсе незамеченной, но в 2003 г. появляется знаменитая статья Г.В.Демьянова «Концепция современного развития системы нормальных высот» [1, с.13], в которой идея о новом геоиде приобретает уже вполне определенные очертания. Автор пишет: «По нашему мнению для решения этой проблемы достаточно отказаться от понятия поверхности геоида как невозмущенной поверхности моря, а принять чисто математическое определение геоида, как эквипотенциальной поверхности с потенциалом W_0 , равным нормальному U_{00} на поверхности общеземного эллипсоида, принятого за нормальный» [2]. Здесь автор ссылается сам на себя, правда в [2] он был в соавторстве с М.Буршей и М.И.Юркиной.

И далее: «В этом случае не постулируется равенство нулю нормальной высоты в уровнемерных постах, принятых в качестве исходных. При этом подходе исходные нивелирные пункты вообще в принципе отсутствуют». И далее: «Нормальная высота равна нулю в той точке земной поверхности, в которой реальный потенциал W_i равен нормальному U_0 на поверхности общеземного эллипсоида [3]». Здесь автор опять ссылается на себя.

Важным преимуществом нового геоида является его независимость от приливных явлений: «Таким образом, в систему фундаментальных параметров системы высот входит нормальный потенциал U_{00} свободный от приливных возмущений. Одновременно с этим вводится понятие геоида, которое тоже не зависит от постулирования каких-либо приливных теорий» [2].

И наконец, появление третьей принципиальной работы Г.В.Демьянова в соавторстве [4] закрывает основной цикл статей о системе нормальных высот на современном этапе. В этой работе авторы продолжают тему о геоиде в таком виде: «Следуя глобализации и упрощая практическое применение теории Молоденского, нужно принять общее начало счета высот и установить равенство $U_0 = W_0$, выделив еще один геоид – земную поверхность, потенциал W_0 которой равен потенциалу U_0 силы тяжести на отсечном эллипсоиде».

И далее: «В качестве поверхности, относительно которой ведется отсчет нормальных высот, следует рассматривать эквипотенциальную поверхность с потенциалом W_0 , равным нормальному U_0 на поверхности общего земного эллипсоида, принимаемого в качестве нормального».

И последнее «Нормальная высота равна нулю в той точке земной поверхности, в которой реальный потенциал W_i равен нормальному на поверхности общего земного эллипсоида. И в этой же точке совпадают поверхности геоида и квазигеоида $W_i = W_0 = U_0$. В принципе положение этой точки может быть и неизвестно».

Подведем итоги. Столь пространное цитирование сделано для того, чтобы не было передергивания и искажения мыслей авторов. По нашему мнению, самым негативным моментом всех упомянутых работ является то, что ни в одной из них не приводится геометрическая модель системы высот, о которой они хотят что-то сказать.

За подобное изложение текстов статей таких авторов не единожды критиковал профессор В.М.Зимин [5, 6], указывая при этом на то, что среди них много выпускников МИИГАиКа.

Однако, начнем все по порядку.

1. Первым шагом авторов является отмена геоида Гаусса-Листинга, хотя от него отказался еще М.С.Молоденский, заменив его квазигеоидом (пятидесятые годы прошлого столетия). Но авторы вводят новый геоид (по предложению М.И.Юркиной - геоид Демьянова), геометрическую модель которого авторы не дают или не могут дать.

2. Вместе с тем поверхность этого геоида называется чисто математической, но математической модели этого нового геоида авторы также не дают.

3. Теперь, судя по тексту авторов, существуют геоид Демьянова и квазигеоид (Молоденского).

4. Но с квазигеоидом геодезисты как-то разобрались (уже существует несколько десятков моделей квазигеоида [4, с 15]), а вот с геоидом Демьянова пока кроме формулы $W_0 = U_0$ ничего нет.

5. Но самым вопиющим тезисом авторов работы [4] является утверждение о том, что положение точки на поверхности Земли, в которой нормальная высота равна нулю, в принципе может быть и неизвестно.

6. Тогда возникает вопрос: как вычислить или измерить геопотенциал между точкой с потенциалом W_0 , положение которой неизвестно, и какой-либо точкой A_i на поверхности Земли, на которую уже можно ставить начальную (заднюю) нивелирную рейку, рис.1.

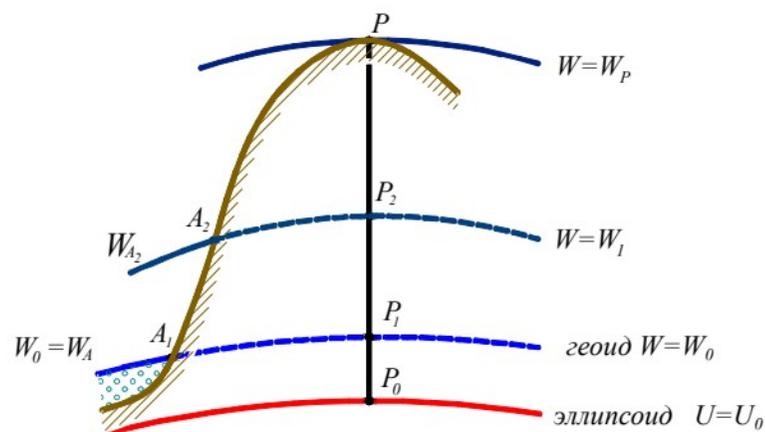


Рис. 1. Геометрическая модель расположения урвненных поверхностей

Положение точки A_1 неизвестно, но известно лишь то, что потенциал W_0 в этой точке равен потенциалу U_0 на поверхности эллипсоида.

Для определения геопотенциала $\Delta W_1 = W_0 - W_1 = W_{A_1} - W_{A_2}$ надо пройти ходом геометрического нивелирования от точки A_1 до точки A_2 по реальной поверхности Земли с тем, чтобы выйти на точку A_2 , которая будет играть роль закрепленного начала отсчета с геопотенциалом ΔW_1 . Тогда можно будет получить геопотенциал $\Delta W_P = W_0 - W_P$, который будет состоять из двух слагаемых

$$\Delta W_P = \Delta W_1 + \Delta W_2, \quad (1)$$

где

$$\Delta W_1 = W_0 - W_1, \quad (2)$$

$$\Delta W_2 = W_1 - W_P = \int_{A_2}^P g dh. \quad (3)$$

Тогда (1) можно записать в виде

$$\Delta W_P = (W_0 - W_1) + \int_{A_2}^P g dh. \quad (4)$$

Как видно из (4), слагаемое в скобках не определяется физически, т.к. для разности $(W_0 - W_{A_2})$ нельзя вычислить интеграл

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

$$\Delta W_1 = (W_0 - W_{A_1}) = \int_{A_1}^{A_2} g dh, \quad (5)$$

поскольку точка A_1 не определена на поверхности Земли. Это означает, что геопотенциал точки P не может быть определен, следовательно, не может быть и определена ее нормальная высота

$$H_P^\gamma = \frac{W_0 - W_P}{\gamma_m} = \frac{\int_{A_1}^P g dh}{\gamma_m}. \quad (6)$$

Рассмотрим область, где нормальная высота берет свое начало и определяется тремя поверхностями: поверхностью Земли, квазигеоидом и геоидом Демьянова, заменившего геоид Гаусса-Листинга, рис.2. Там, где эти поверхности совпадают, т.е. касаются или пересекаются, и следует искать ту точку, в которой $H^\gamma = 0$. Возникает вопрос: как такие точки выявить, определить на поверхности Земли.

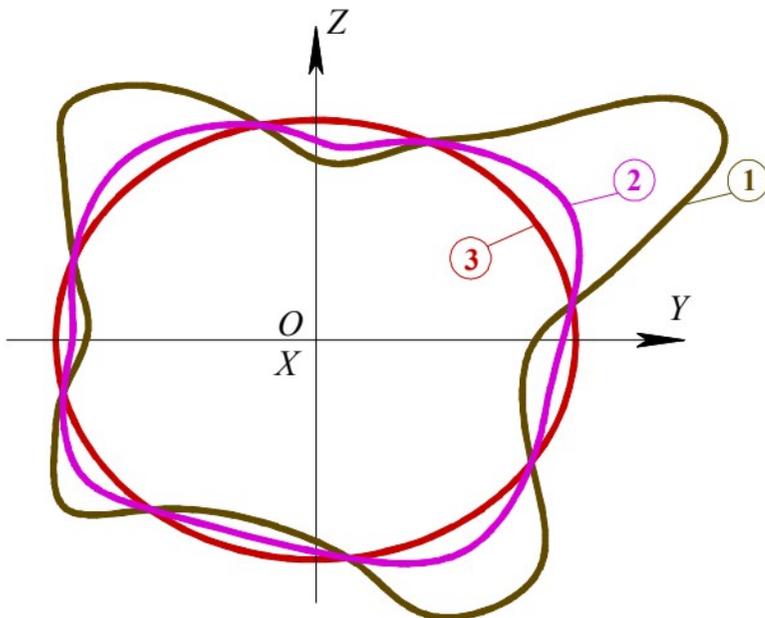


Рис.2. Геометрическая модель поверхности Земли

1 – поверхность Земли; 2 – поверхность квазигеоида;
3 – поверхность геоида Демьянова

Совпадение поверхностей возможно при касании или пересечении. Например, известен метод пересечения трех плоскостей, с помощью которого можно было бы определить координаты точки пересечения этих плоскостей.

Однако пока неизвестен метод пересечения трех поверхностей неизвестной формы, с помощью которого можно было бы определить координаты точки пересечения этих поверхностей.

Таким образом, условие отыскания точки на поверхности Земли, в который реальный потенциал W_i равен нормальному U_0 на поверхности эллипсоида и в которой к тому же совпадают поверхности геоида Демьянова и квазигеоида, не определено. И не зря авторы концепции в работе [4] констатируют: «В принципе положение этой точки может быть и неизвестно».

Замена геоида Гаусса-Листинга на геоид Демьянова привела к отмене футштоков Гаусса-Листинга и привела к появлению футштоков Демьянова, как определить положение которых никто не знает.

У авторов работы [4] условие $\int_{\sigma} \zeta d\sigma = 0$ является как бы само собой разумеющимся. В этой формуле аномалия высоты ζ понимается уже не как отрезок $P^\gamma P = \zeta$ (рис.3), а как высота квазигеоида, полученная путем инвертирования геодезической высоты на 180° .

В начале в указанных работах речь идет об одной модели высот (первое приближение Молоденского), назовем ее моделью А (рис.3), а затем без всяких объяснений продолжается разговор о другой модели (инвертированной), назовем ее моделью Б, рис.4.

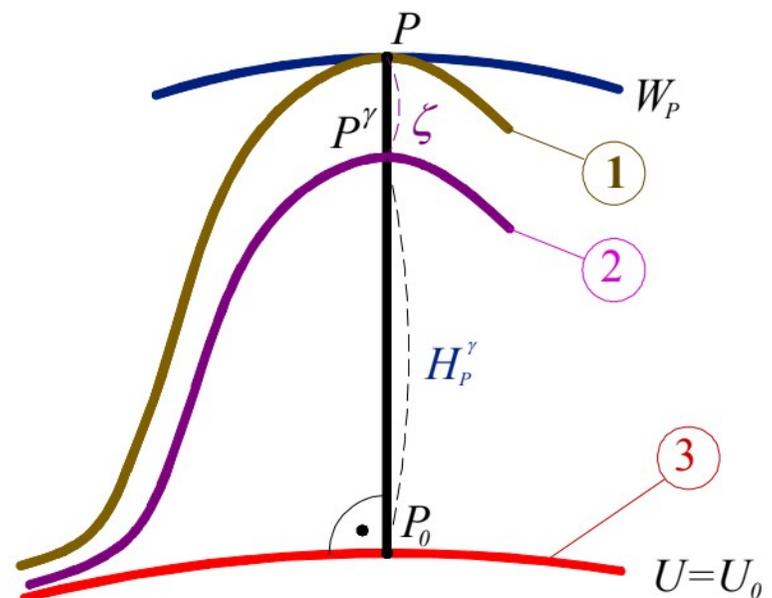


Рис.3. Модель А (первое приближение Молоденского) системы нормальных высот

1 – поверхность Земли; 2 – поверхность теллурида (гипсометрическая поверхность); 3 – поверхность эллипсоида

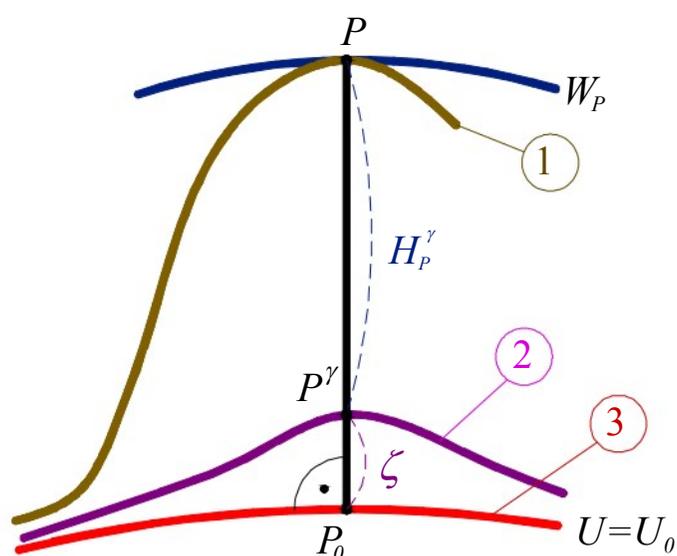


Рис.4. Модель Б системы нормальных высот

1 – поверхность Земли; 2 – поверхность квазигеоида;
3 – поверхность эллипсоида;

$P_0P = H_P$ - геодезическая высота; $P_0P_1 = \zeta$ - аномалия высоты; $P_1P = H_P^\gamma$ - нормальная высота

На модели А нормальная высота H_P^γ - это расстояние от точки P_0 до точки P^γ . Но точка P^γ находится под поверхностью Земли и мало кого интересует. Между тем, как известно [7], на географических и топографических картах проставляются не геодезические, а нормальные высоты, напрямую связанные с геопотенциалами точек. Этот недостаток сразу заметил Молоденский и исправил его путем инвертирования, т.е. разворота геодезической высоты каждой точки вокруг ее середины на 180° , оставляя их в границах поверхности Земли и эллипсоида. Таким образом, получилась линия (если рассматривать сечение) или поверхность, которую Молоденский назвал квазигеоидом, рис. 4.

Для модели Земли в виде суши и поверхности океанов формула $\int_{\sigma} \zeta d\sigma = 0$ принципиально не выполняема, поскольку на материках и океанах $\zeta > 0$. И тогда для этой модели упомянутая формула должна иметь вид $\int_{\sigma} \zeta d\sigma \geq 0$ (min).

Для модели Земли в виде суши и дна морей и океанов тем более вероятнее будет формула в виде

$$\int_{\sigma} \zeta d\sigma \leq 0 \text{ (min),}$$

поскольку поверхность океанов в 2,5 раза больше поверхности суши, а средняя глубина океанов приблизительно в три раза больше средней высоты поверхности суши.

Мы считаем, что публикация трех статей [1, 2, 4] в журналах «Геодезия и картография» и «Известия ВУЗов Геодезия и Аэрофотосъемка» стали событием неординарным в решении проблемы высот. Количество ссылок на них непрерывно растет.

Вместе с тем, мы будем благодарны оставшимся в живых авторам «Концепции развития системы нормальных высот» или их сторонникам (сподвижникам, последователям) за ответ на поставленный в данной статье вопрос: «Как найти точку на поверхности Земли с потенциалом $W_0 = U_0$, на которую можно поставить первую (заднюю) нивелирную рейку для проложения хода геометрического нивелирования, например, I или II классов?».

Литература

1. Демьянов Г.В. Концепция современного развития системы нормальных высот / Г.В. Демьянов // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка.-2003.-№3, с. 3-20.
2. Бурша М. Об определении модели Земли - общего земного эллипсоида / М. Бурша, Г.В. Демьянов, М.И. Юркина // Геодезия и картография. – 1997. -№4, с. 9-13.
3. Демьянов Г.В. К вопросу о построении системы геодезического обеспечения на основе спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии «Физическая геодезия» / Г.В. Демьянов // М.: ЦНИИГАиК, 1999.
4. Демьянов Г.В. Построение общеземной системы нормальных высот / Г.В. Демьянов, А.Н. Майоров, М.И. Юркина // – Геодезия и картография.-2009.-№1. - с. 12-16.
5. Зимин В.М. О геометрической интерпретации сущности уравнивания геодезической сети параметрическим способом: (в порядке обсуждения) / В.М. Зимин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2012. - № 2. - с. 35-41.
6. Зимин В.М. К существованию двойного стандарта терминов в геодезии: (в порядке обсуждения) / В.М. Зимин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2010. - № 5. - с. 12-16.
7. Огородова Л.В. Высшая геодезия. Часть III. Теоретическая геодезия: Учебник для вузов / Л.В. Огородова - М.: Геодезкартиздат, 2006. - 384 с.

Юрий Петрович Куренёв, канд. техн. наук, доц. кафедры геодезии, картографии и фотограмметрии Университета новейших технологий, г.Киев, тел. +38044280603,
E-mail: izitnau@ukr.net;
Татьяна Николаевна Малик, ст.преподаватель кафедры геодезии, картографии и фотограмметрии Университета новейших технологий, г.Киев, тел.+380506494575,
E-mail: ved-ma@ukr.net

УДК 528.2:629.78

П.В.Яковлев, Е.А.Тухель, О.А.Веселова

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ СПУТНИКОВЫХ ВЫСОТНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Рассмотрен вопрос повышения качества высотных спутниковых определений для их корректной увязки с традиционными тригонометрическими и геометрическими измерениями при построении и реконструкции опорных маркшейдерских сетей. Обосновано предположение о возможности получения гравиметрических данных по спутниковым определениям

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: опорные маркшейдерские сети; высотные спутниковые определения; система нормальных высот; квазигеоид; геоид; гравиметрические данные.



П.В.Яковлев



Е.А.Тухель



О.А.Веселова

Современное геодезическое производство базируется в первую очередь на спутниковых методах. Спутниковые методы позиционирования, реализованные на базе глобальных навигационных систем, прочно вошли в практику геодезических и маркшейдерских работ, что нашло отражение в соответствующем нормативно – законодательном закреплении их применения [2].

Сферы использования этих методов при решении задач маркшейдерско – геодезического обеспечения объектов промышленности и недропользования на сегодня определены достаточно четко [2]. Одна из этих сфер - построение и реконструкция опорных маркшейдерских сетей. Особенностью этого направления является комбинированное использование спутниковых и традиционных методов полевых измерений и определений. Например, при выполнении маркшейдерских работ как при подземном, так и при открытом способах добычи полезных ископаемых, практически всегда возникают задачи увязки современных спутниковых определений с результатами как предыдущих (выполненных ранее), так и последующих (выполнение ориентирно-соединительных съемок в подземных горных выработках и на глубоких горизонтах карьеров) тригонометрических и геометрических измерений. К качеству высотных спутниковых определений в этих случаях предъявляются особо высокие требования, так как общеизвестно, что высоты и превышения в рамках спутниковых методов получают наименее надежно. Связано это с рядом технических особенностей последних, а также неоднозначностью и многообразием применяемых систем счета высот.

Та или иная система высот характеризуется прежде всего выбором начальной поверхности отсчета. В качестве такой поверхности может быть взят

референц – эллипсоид (геодезическая высота), геоид (ортометрическая высота), квазигеоид (нормальная высота), динамические высоты (связанные с выбранным участком квазигеоида); в последнее десятилетие, кроме того, применяют различные модели геоидов (что обусловлено естественной неоднозначностью определения поверхности геоида) [1].

Таким образом, если, например, обеспечение объекта выполнялось с использованием системы нормальных высот, а последующая реконструкция высотной сети - с использованием спутниковых методов, которые дают результаты, отнесенные или к данному референц – эллипсоиду, или к данной модели геоида, появление недопустимых невязок в высотных сетях неизбежно даже при высоком качестве определения превышений.

Так как из перечисленных выше поверхностей, которые могут быть приняты в качестве начальной поверхности отсчета высот, однозначно определенной является только квазигеоид, а также в силу того, что в нашей стране принята именно система нормальных высот, рассмотрим возможность приведения высот, определенных спутниковым методом, к нормальной системе высот.

Детальные алгоритмы обработки спутниковых данных обычно не раскрываются, но спутниковая аппаратура, как правило, предоставляет возможность выбора системы отсчета высот при выполнении конфигурирования приемников, при этом выбор ограничен возможностями использования либо геодезических (для заданного референц – эллипсоида), либо ортометрических (для данной модели геоида) высот.

Современная теория высот располагает необходимым математическим аппаратом для решения задач перехода от одних систем отсчета высот к другим.

Геодезическую высоту (высоту под эллипсоидом) представляют в виде двух слагаемых: гипсометрической высоты H и геоидальной высоты ζ [1, 3]; т.е.

$$H_A = H_0 + \zeta,$$

где H_A – геодезическая высота, причем величина H_0 определяется из геометрического нивелирования, при котором начальный пункт зафиксирован средним уровнем мирового океана. Геоидальная высота (высота квазигеоида) ζ - это высота поведения квазигеоида над референц – эллипсоидом, их определяют по измерениям силы тяжести.

Ортометрическая высота определяется выражением:

$$H_A^g = \frac{1}{g_m} \int_0^A g_i dh,$$

где H_A^g - ортометрическая высота; $g_m = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^w g_i$ - среднее значение ускорения силы тяжести на отрезке превышения; g_i - измеренное значение условия силы тяжести в точках по пути нивелирования.

Формулу для нормальной высоты получают, заменяя в формуле для ортометрической высоты на γ_m - среднее значение нормальной силы тяжести:

$$H_A^g = \frac{1}{\gamma_m} \int_0^A g dh;$$

$$\text{А } \gamma_m = \gamma_0 - 0.154 H_{узм}^A,$$

где γ_0 - нормальная сила тяжести, вычисляемая по формуле Гельмерта:

$$\gamma_0 = 978,030 \cdot (1 + 0,005302 \cdot \sin^2 \varphi - 0.000007 \cdot \sin^2 \varphi),$$

где φ - высота точки наблюдения, а $H_{узм}^A$ - высота, полученная по измеренным превышениям.

Выражение для динамической высоты:

$$H_A^D = \frac{1}{\gamma_\varphi} \int_0^A g dh,$$

где γ_φ - среднее значение силы тяжести для данной широты (интервала высот).

При описании взаимной связи между высотами, отнесенными к различным системам, используют значение приближенной высоты:

$$H_a^B = H_{узм}^B + \frac{1}{\gamma_m^B} \int_0^B (\gamma_0 - \gamma_0^B) dh_w,$$

где γ_0 и γ_0^B берут по аргументу φ .

Тогда выражения для нормальных, ортометрических и динамических высот можно представить в виде [3]:

- нормальных высот:

$$H^B = h_a^B + \frac{1}{\gamma_m^B} \int_0^B (g - \gamma) dh_w;$$

- ортометрических высот:

$$H_d^B = h_a^B + \frac{1}{\gamma_m^B} \int_0^B (g - \gamma) dh_w - q h^B;$$

- динамических высот:

$$H^B = h_a^B + \frac{1}{\gamma_m^B} \int_0^B (g - \gamma) dh_w - \frac{g_m^B - \gamma_m^B}{g_m^B} h^B,$$

$$\text{где } q = \frac{\gamma_{45^\circ} - \gamma_m^B}{\gamma_{45^\circ}}.$$

Таким образом, ортометрическая высота отличается от нормальных высот на величину $\frac{g_m - \gamma_m}{g_m} \cdot h$, определение которой встречает ряд

трудностей. Эта величина характеризует отступления квазигеоида от геоида, то есть квазигеоид совпадает с геоидом, когда $h=0$ или $g_m = \gamma_m$; ортометрическая высота совпадает с нормальными на море и в точках земной, свободных от аномалий силы тяжести (т.е. где $g_m = \gamma_m$).

В равнинных районах, где аномалии не превышают 100 мГл, различия нормальных и ортометрических высот составляет несколько сантиметров. В горных районах - до 2-5 м. На основании вышеприведенных формул получают поправку в измеренное превышение для приведения его к системе нормальных высот. Инструкция по нивелированию [4] приводит следующую формулу для вычисления этой поправки:

$$\delta_h = \frac{1}{\gamma_m} (\gamma_A - \gamma_B) \cdot H_m + \frac{h}{\gamma_m} (g - \gamma)_m,$$

где γ_m - приблизительное значение нормального ускорения силы тяжести (для территории России 9,8 м*с²); γ_A и γ_B - нормальное ускорение силы тяжести на описанном эллипсоиде на реперах А и В; $(g - \gamma)_m$ - среднее из аномалий силы тяжести на реперах А и В; H_m - среднее из абсолютных высот реперов А и В; h - измеренное превышение между А и В.

Практическое применение теории высот основывалось в первую очередь на методе геометрического нивелирования, который по своему принципу достаточно прост.

Тем более не встречает затруднений применения спутниковой принимающей аппаратуры. Однако технологические процессы, связанные с определениями аномалий силы тяжести, более сложны, требуют дополнительной аппаратуры, времени, и в конечном счете минимум вдвое усложняют и удорожают работы. В случае применения спутниковой аппаратуры это означает сведение на нет основных преимуществ спутникового метода: теряется оперативность, повышаются требования к оборудованию станции, гравиметрические работы не являются независимыми от времени года и суток, усложняется процесс совместных планово-высотных определений.

Отсюда вытекает необходимость рассмотрения такого варианта методики спутниковых определений, который позволил бы получать гравиметрические данные по результатам обработки спутниковых данных.

Формально, получив при помощи спутникового приемника высоту геодезическую H и ортометрическую H_g , геоидальную составляющую ζ , можно получить из простого соотношения:

$$\zeta = H - H_g.$$

Более того, некоторые типы приемников, при

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

соответствующем их конфигурировании, непосредственно фиксируют значения.

Имея значения высоты квазигеоида в двух точках, можно получить значения силы тяжести по разности высот квазигеоида [3]:

$$\zeta_B - \zeta_A = \Delta\zeta_0 + \Delta\zeta_g,$$

где $\Delta\zeta_0$ - составляющая разности высот, зависящая от уклонений отвесных линий в т.А и В; $\Delta\zeta_g$ - составляющая разности высот, зависящая от аномалий силы тяжести вдоль линии нивелирования, при этом пренебреженно можно считать, что $\Delta\zeta_0 = -\sum u''$,

$\sum u''$, где $\Delta\zeta_g = -\sum \frac{g-\gamma}{\gamma}$ - уклонение отвеса, а суммирование выполняют для точек А и В и линии между ними [3].

Определение уклонения отвеса - сложная задача, однако, имея спутниковые координаты для разных уровней поверхностей, приближенные их значения можно получить по спутниковым наблюдениям [6].

Тогда, имея разность высот квазигеоида в точках А и В и уклонение отвеса в областях точек А и В, полученные по спутниковым данным, можно получить

значение $\frac{g-\gamma}{\gamma}$ для данной области.

Если нивелирование выполняет задачи не только для построения и реконструкции высотных сетей, но и при комплексном геодинимическом мониторинге, спутниковые данные смогут обеспечить получение гравиметрической информации для обследуемого района.

Следовательно, включая в программу спутниковых определений фиксацию значений высот геоида, можно решать задачи приведения высотных определений к нормальной системе высот, а также выполнение оценочного гравиметрического мониторинга.

Далее, однако, возникает вопрос о возможном влиянии лунно-солнечных приливов на результаты определения высот геоида спутниковыми методами. Геоид (квазигеоид) – поверхность уровенная, по определению связанная со строением гравитационного поля Земли.

При установлении системы нормальных высот приливные изменения уровня мирового океана исключают из результатов нивелирования, используя усредненные по результатам многолетних периодических наблюдений положения поверхности отсчета высот.

Естественным было бы предположение о возможном колебании значений высоты геоида вследствие влияния приливных волн, и оно высказывается рядом авторов [7].

Возмущающее воздействие приливного потенциала деформирует уровенную поверхность планеты. По современным оценкам [8] величины этих деформаций составляет 20-25 см, а суточная периодичность их возникновения колеблется в пределах 12-24 часов.

Если бы глобальная спутниковая навигационная система предоставляла пользователю результаты своего реагирования на приливные деформации, то колебания высот геоида, полученные по спутниковым данным, были бы сравнимы с самими значениями этой высоты, и учет влияния приливных волн должен был бы войти в методику обработки спутниковых определений.

Для выяснения вопроса о влиянии лунных приливов на результаты спутниковых определений высот геоида (квазигеоида) в рамках данной работы был выполнен цикл соответствующих спутниковых сеансов.

Организация эксперимента предусматривала ряд независимых сеансов спутниковых определений при помощи приемника-навигатора Navitel.

Контроль работоспособности приемника, а также качество определений выполнялся по:

- постоянству в течение сеансов значений плановых координат В (широта) и L (долгота), отнесенных к эллипсоиду WGS-84;
- соблюдению условия одновременного приема не менее 4-х навигационных космических аппаратов;
- значениям и колебаниям значений геометрического фактора точности для высотных определений.

Результаты определений приведены ниже.

В ходе сеансов, таким образом, ни одного случая колебания значения высоты геоида для данного пункта зафиксировано не было.

Это означает, что значения высот геоида, предоставляемые глобальной навигационной системой, свободны от влияния приливных волн, и, следовательно, могут быть использованы непосредственно при решении задач перехода от одних систем высот к другим; кроме того, полученный результат позволяет предположить, что значения высот, получаемые при выполнении мониторинга, также будут свободны от влияния периодических возмущений, вызываемых приливными волнами.

Таким образом, при выполнении данной работы группой авторов получены следующие основные результаты:

- рассмотрены основные положения теории высот, что позволило обосновать возможность использования результатов спутниковых определений для выполнения перехода от ортометрических и геодезических высот к нормальным (используемым в маркшейдерской практике);
- обоснованы предположения о возможности получения гравиметрических данных по спутниковым определениям. Это открывает определенную сферу применения спутниковых методов – гравиметрический мониторинг;
- выполнены экспериментальные работы по определению влияния лунно-солнечных приливных волн на результаты спутниковых определений, в результате которых установлена относительная независимость последних от приливных колебаний земной поверхности.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Дата	Время	Широта	Долгота	VDOP	Количество КА	Высота геоида
05.01.2014	21:48:44	N55 Δ 38.725'	E37 Δ 20.586'	2.2	7	13.6
07.01.2014	22:22:40	N55 Δ 37.797'	E37 Δ 23.797'	1.6	7	13.6
07.01.2014	23:21:32	N55 Δ 37.795'	E37 Δ 23.797'	1.1	7	13.6
08.01.2014	10:20:21	N55 Δ 37.800'	E37 Δ 23.795'	2.1	6	13.6
08.01.2014	11:20:59	N55 Δ 37.797'	E37 Δ 23.794'	2.1	6	13.6
09.01.2014	22:11:40	N55 Δ 37.796'	E37 Δ 23.794'	1.9	6	13.6
09.01.2014	23:15:27	N55 Δ 37.800'	E37 Δ 23.796'	1.4	7	13.6
10.01.2014	6:48:42	N55 Δ 37.797'	E37 Δ 23.805'	1.5	7	13.6
10.01.2014	10:29:31	N55 Δ 37.800'	E37 Δ 23.798'	1.7	6	13.6
12.01.2014	12:29:12	N55 Δ 38.332'	E37 Δ 22.554'	1.9	6	13.6
12.01.2014	18:51:02	N55 Δ 38.323'	E37 Δ 22.563'	1.6	6	13.6
12.01.2014	20:30:03	N55 Δ 38.331'	E37 Δ 22.565'	1.6	7	13.6
12.01.2014	22:08:39	N55 Δ 38.315'	E37 Δ 22.573'	1.0	6	13.6
12.01.2014	22:57:07	N55 Δ 38.318'	E37 Δ 22.567'	1.2	6	13.6
15.01.2014	18:55:18	N55 Δ 38.349'	E37 Δ 22.544'	2.7	7	13.6
15.01.2014	19:43:27	N55 Δ 38.335'	E37 Δ 22.558'	2.0	6	13.6
15.01.2014	20:52:52	N55 Δ 38.328'	E37 Δ 22.570'	1.9	7	13.6
15.01.2014	21:55:59	N55 Δ 38.326'	E37 Δ 22.564'	1.9	7	13.6
15.01.2014	23:08:45	N55 Δ 38.325'	E37 Δ 22.568'	1.3	6	13.6
16.01.2014	5:29:25	N55 Δ 38.347'	E37 Δ 22.554'	1.6	6	13.6
16.01.2014	18:36:28	N55 Δ 38.333'	E37 Δ 22.561'	3.0	7	13.6

Авторы отдают себе отчет в том, что полученные результаты нельзя считать в полном смысле строгими, в частности, из-за использования аппаратуры относительно низкого качества, однако сущность и практическая значимость выводов не должны оставлять сомнений в актуальности поставленных задач и перспективности дальнейших исследований в данной области.

Литература

1. Ильичев А.Н., Пахмутов Л.П. Высшая геодезия; М.: МГИ, 1993, 215 стр.
2. Арнольд К. Методы спутниковой геодезии; М.: Недра, 1973, 223 стр.

3. Макаров Н.П. Геодезическая гравиметрия; М.: Недра, 1968, 407 стр.

4. Инструкция по нивелированию I,II,III,IV классов; М.: Недра, 1990

5. Мокоденский М.С. Избранные труды. Гравитационное поле. Фигура и внутреннее строение земли; М.: Наука, 2001, 570 стр.

6. Яковлев П.В. Перспективы применения спутниковых технологий; М.: МГГУ, ГИАБ, 20., 10 стр.

7. Гришаев А.А. Новый взгляд на природу приливообразующих сил; ФГУП "ВНИИФТРИ"; <http://nenfiz.narod.ru>; 2005 г.

8. Википедия.

Павел Владимирович Яковлев, доцент, МГИ НИТУ МИСус, кафедра МДиГ;

Екатерина Андреевна Тухель, доцент, МГИ НИТУ МИСус, кафедра МДиГ;

Ольга Алексеевна Веселова, аспирантка, МГИ НИТУ МИСус, кафедра МДиГ, E-mail: olevella@yandex.ru

Уважаемые коллеги!

Напоминаем Вам, что с 26 по 30 января 2015 г. в Горном институте (НИТУ «МИСус») будет проходить XXIII Международный научный симпозиум «НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА – 2015». Организаторами традиционно выступают Горный институт (НИТУ «МИСус»), ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Научный совет РАН по проблемам горных наук.

Работа симпозиума будет организована в рамках 28 семинаров и 5 круглых столов. С программой симпозиума, контрольными сроками и требованиями к оформлению заявок и текстов докладов можно ознакомиться по тел. (499)230-2751, Королева Валентина Николаевна, E-mail: koroleva@mstu.ru

Редакция «МВ»

Н.С.Белов, И.И.Волкова, Т.В.Шаплыгина, А.Р.Данченков

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

Приведены результаты использования технологии наземного лазерного сканирования в работах по геоэкологическому мониторингу основных морфометрических показателей береговой зоны. Исследования, проведенные на модельных участках Куршской и Вислинской кос, позволили адаптировать данную технологию к изучению природных объектов со сложной морфологией рельефа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: природные объекты; береговая зона; сложная морфология рельефа; геоэкологический мониторинг; наземное лазерное сканирование; морфометрические показатели.



Н.С.Белов И.И.Волкова Т.В.Шаплыгина А.Р.Данченков

Мониторинг природных объектов с применением технологии наземного лазерного сканирования (НЛС) является наиболее технологичным способом оценки трансформации природных комплексов. Высокую эффективность применение технологии НЛС показало на территориях с высокой активностью морфодинамических процессов и отличающихся контрастными значениями интегральной устойчивости. Исследования, проведенные в течение 2-х лет на модельных участках Куршской и Вислинской кос, позволили адаптировать технологию наземного лазерного сканирования к изучению природных объектов со сложной морфологией рельефа.

На Куршской косе сильному размыву подвержен участок берега в ее корневой части, где происходит активный размыв, сопровождающийся образованием уступа размыва, на отдельных участках авандюна либо фрагментарна, либо повсеместно нарушена котловинами выдувания. На всем протяжении характерен песчано-галечный пляж с высокой долей присутствия гальки. Уступ подвержен размыву, что приводит к нарушению древостоя.

На Вислинской косе особые литодинамические условия сложились под влиянием молв входного канала. На первых 0,5-0,6 км берег находится в аварийном состоянии, причем, на протяжении 12 метров авандюна практически полностью разрушена, остальная ее часть повсеместно отмечена котловинами выдувания, большей частью с прорывом тела авандюны. Активность дефляционных процессов стимулируется высоким уровнем рекреационного воздействия, интенсивность которого в последние годы значительно возросла [3].

Использование технологии НЛС в исследованиях на ключевых участках Куршской и Вислинской кос в 2012-2013 гг. преследовало несколько целей:

- проведение сравнительного анализа основных морфометрических показателей (линейные,

площадные, объёмные) пляжа, авандюны/уступа размыва;

- разработка алгоритма проведения мониторинга береговой зоны как на этапе сканирования, так и на этапе обработки полученных данных с выбором оптимального сопутствующего программного обеспечения для визуализации полученных данных.

В методическом отношении условно можно выделить несколько обязательных этапов выполнения работ. На начальном этапе осуществляется предварительная оценка местности со схематичным отображением на плане точек стояния сканера и выбор метода привязки к координатам (в случае высоких берегов при узкой ширине пляжа, где необходимо сканирование с подъемом базы, допустима работа в локальной системе координат) (рис.1) [1].



Рис.1. Сканирование с подъемом базы прибора

Следующий этап – непосредственная работа на местности, при которой экспертным путем определяется разрешение сканирования (необходимо помнить, что НЛС дает, зачастую, избыточные данные). На данном этапе вводятся дополнительные точки стояния, т.н. поднятие сложных участков рельефа. Привязка к координатной сети проводится методом «точка стояния-точка ориентирования» с помощью тахеометра или геодезического gps. Для съемки участка берега с хорошо выраженными очагами дефляции, в том числе оформленными котловинами выдувания, на 100-метровом отрезке целесообразно устанавли-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

вать не менее 2 точек стояния сканера с 360-градусным сканированием. [4, 5]. Допустима установка третей точки стояния с 45-60-градусным сканированием. Дальнейшая частота точек стояния сканера выбирается каждый раз индивидуально. При съемке линейных объектов важен выбор оптимального соотношения таких показателей как плотность и размер сектора сканирования, количества точек стояния сканера. Оптимальным можно считать время сканирования в 25 минут с учетом фотографирования, что достигается при плотности сканирования $20 \times 20 \times 10$, $25 \times 30 \times 10$, $30 \times 30 \times 10$.

Применение технологии НЛС для целей геоэкологического мониторинга береговой зоны позволило оценить изменения морфометрических показателей рельефа и объемных характеристик обломочного материала на модельном участке Куршской косы (рис.2).

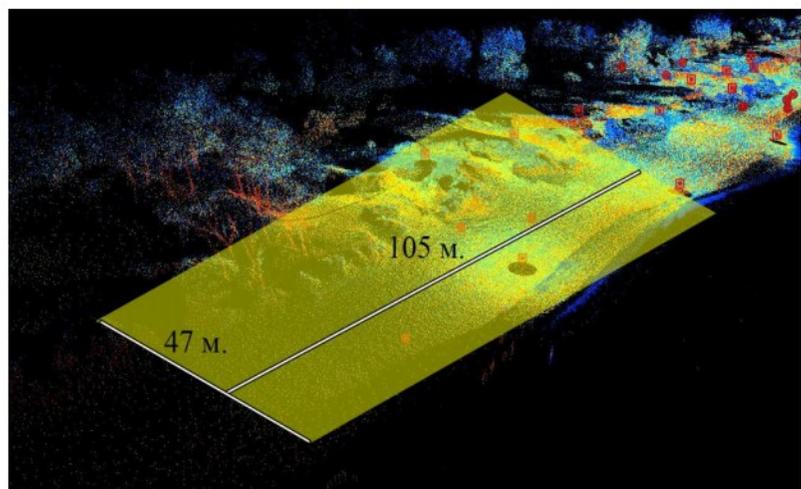


Рис.2. Линейная характеристика модельного участка

Для расчета интенсивности и понимания направленности морфолитодинамических процессов использованы триангуляционные модели участка. При этом за базовую была принята поверхность 2012 г., в качестве поверхности наложения – 2013 г. (рис.3).

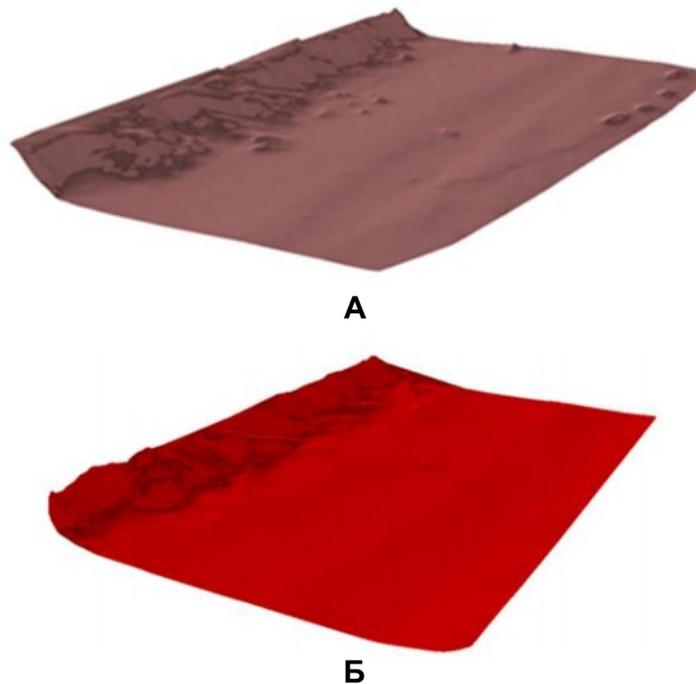


Рис.3. Расчетная поверхность модельного участка береговой зоны Куршской косы: А – 2012 г., Б – 2013 г.

После наложения поверхностей были выделены участки с профицитом и дефицитом наносов, на которых проведены расчеты с вычислением объемов обломочного материала (рис.4).

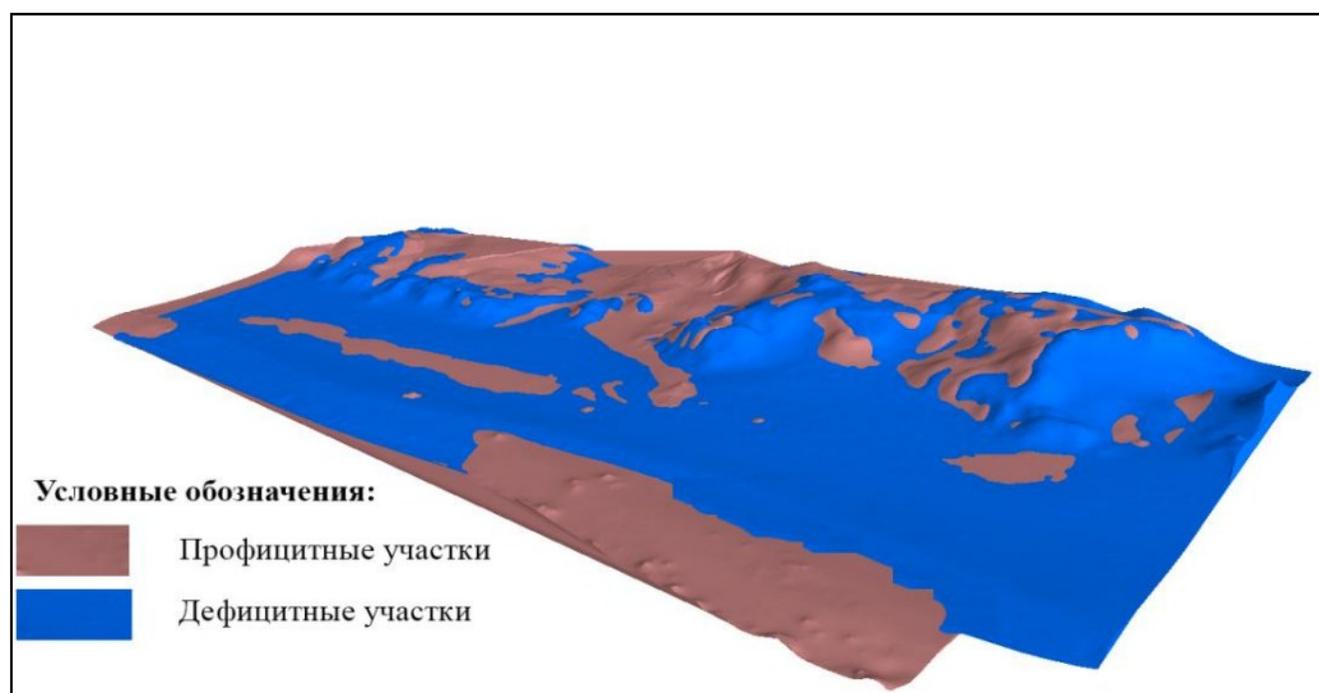


Рис.4. Совмещенные расчетные поверхности модельного участка береговой зоны Куршской косы (2012-2013 гг.)

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Анализ результатов показал, что на исследуемом участке в 2013 г. общая расчетная поверхность на 325 м² превышала показатели 2012 г., объем потерь обломочного материала составил 182,5 м³, аккумуляции – 200,3 м³, что связано преимущественно с возникновением небольших аккумулятивных форм, осложняющих поверхность пляжа и уступа размыва. Максимальное отступление уступа размыва составило 1,2 м, минимальное – 0,1 м [2]. Таким образом, за период 2012-2013 гг. на исследуемом участке объем наносов не претерпел существенного изменения, в основном отмечается их перераспределение в пределах изучаемой территории.

Технология НЛС может быть успешно применена для графической реконструкции нарушенных аварийных участков. Такие работы были выполнены в береговой зоне Вислинской косы в районе г.Шведская, которая на протяжении многих лет подвергается сильному природно-антропогенному воздействию (рис. 5) [3].

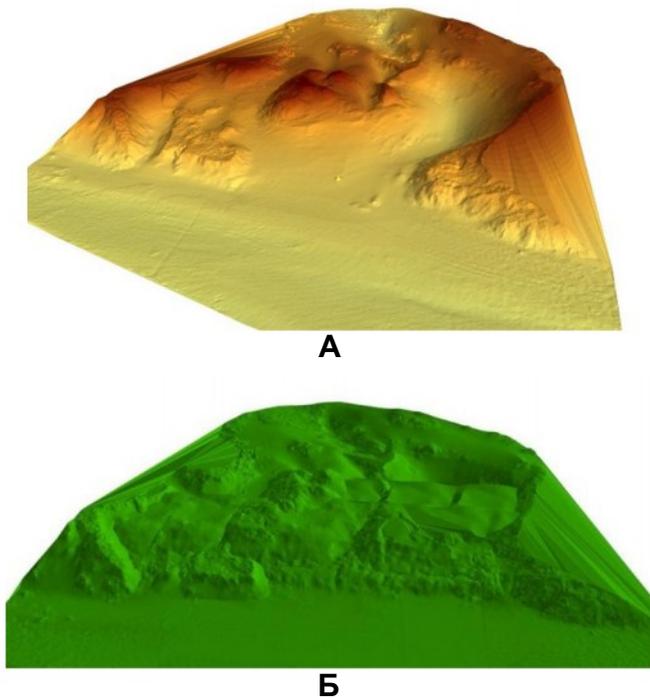


Рис.5. Участок пляж – приморский дюнный грядовый комплекс в районе г.Шведская (Вислинская коса): А – триангуляционная модель, построенная по результатам НЛС 2013 г.; Б – реконструированная модель

Данные исследования в дальнейшем могут быть использованы как основа для определения восстановительного потенциала территории, при осуществлении берегоукрепительных работах, в частности, на аварийных участках.

Таким образом, этапность обработки полученных в результате сканирования материалов напрямую связана с его задачами. При получении текущих морфометрических показателей достаточно использование триангуляционной модели, построенной на основе «облака точек»; для сравнительного анализа многолетних данных – применение графических моделей с использованием соответствующих программных пакетов, таких, например, как ArcGIS, AutoCAD.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-05-00530-а.

Литература

1. Белов Н.С., Аванесов К.А., Кукушкин Д.А., Шаплыгина Т.В., Волкова И.И. Применение методов НЛС при мониторинге природных объектов // *Геопрофи.* – 2012. – №3. – 48-50 с.
2. Отчет НИР по теме «Мониторинг береговой зоны Куршской косы методом наземного лазерного сканирования». – Калининград, 2013
3. Шаплыгина Т.В., Волкова И.И. Природная и антропогенная трансформация ландшафтов и рельефа Куршской и Вислинской кос // *Геоморфология.* – 2013. – №1. – С. 95-103.
4. Pfeifer N., Lindenbergh R., Rijnjtes C. *Dune monitoring with terrestrial laser scanning at Egmond beach. Technical report, 2005.*
5. Poulton C.V.L., Lee J., Hobbs P., Jones L., Hall M. *Preliminary investigation into monitoring coastal erosion using terrestrial laser scanning: case study at Happisburgh, Norfolk // Bulletin of the Geological Society of Norfolk.* – 2006. – №56. – pp. 45-64.

Ирина Игоревна Волкова, к.г.н., доц. кафедры географии, природопользования и пространственного развития, вед.менеджер основных образовательных программ, E-mail: IVolkova@kantiana.ru;
Татьяна Владимировна Шаплыгина, к.г.н., доц. кафедры географии, природопользования и пространственного развития, вед.менеджер основных образовательных программ, E-mail: TShaplygina@kantiana.ru;
Николай Сергеевич Белов, к.г.н., доц. кафедры географии, природопользования и пространственного развития, E-mail: NBelov@kantiana.ru;
Александр Романович Данченков, магистрант направления «География», техник Атлантического отделения Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН
(Институт природопользования, территориального развития и градостроительства Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта)

УДК 528.7

Ю.И.Кантемиров, А.Т.Камза, А.М.Бермуханова., А.Ж.Тогайбеков, М.А.Сапарбекова, С.Э.Никифоров

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ В КОНТРОЛЕ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ И СОСОВЫХ УЧАСТКОВ

Приведен пример использования технологии радарной интерферометрии в условиях наличия специфических условий. Рассмотрена технология обработки спутниковых радарных данных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разработка месторождений углеводородного сырья; смещение земной поверхности; космический радарный мониторинг.

Мониторинг смещений земной поверхности территории разрабатываемого нефтяного месторождения был выполнен на основе использования данных радарных съемок территории месторождения с космического аппарата ALOS PALSAR (JAXA, Япония), выполненных в период с 2007 по 2011 годы.

Месторождение расположено в Республике Казахстан. Продуктивная залежь залегает относительно неглубоко - менее 500 метров. Добыча нефти ведется, в основном, за счет ее вытеснения водяным паром и горячей водой, которые подаются в продуктивный нефтяной пласт через нагнетательные скважины.

Для выявления смещений земной поверхности была выполнена интерферометрическая обработка данных ALOS PALSAR в программном обеспечении ENVI/SARscape (Exelis VIS, США). При этом интерферометрическая обработка данных многопроходных космических радарных съемок выполнялась без наземных контрольных точек и без использования данных наземных наблюдений. При интерферометрической обработке радарных данных в качестве опорного рельефа, необходимого для выделения фазы рельефа из общей интерферометрической фазы, использовалась глобальная общедоступная цифровая модель рельефа SRTM.

Визуализация результатов и оформление карт смещений земной поверхности выполнено в программном обеспечении ArcGIS (ESRI, США), а также в программе Google Earth. Карты были созданы в обменных растровых и векторных форматах.

В рамках проведенных работ были созданы карты смещений земной поверхности по состоянию на дату каждой съемки. За поверхность, относительно которой рассчитывались смещения, была принята поверхность, отражающая радарный сигнал на момент первой по порядку съемки в мультивременной серии радарных съемок ALOS PALSAR. Вертикальная компонента смещений определялась в миллиметрах, после чего анализировалась динамика выявленных смещений с учётом промысловой и геолого-геофизической информации.

Надежному установлению динамики смещений земной поверхности предшествует обработка многих пар снимков, в том числе, перекрещивающихся во времени, чтобы смещения, произошедшие за определенный интервал времени, оценивались по нескольким парам снимков, охватывающих данный интервал.

Из снимков 22-проходной цепочки снимков рас-

сматриваемой территории, выполненных за 2007-2011 гг., с помощью функции SARscape > Interferogram Stacking > SBAs > Connection Graph были выбраны пары снимков для дальнейшей обработки.

Выбор пар был произведен вышеуказанной программой автоматически на основании заданных параметров, определяющих какие именно пары снимков (из всех возможных парных комбинаций) соответствуют критериям интерферометрии малых базовых линий.

В меню Connection Graph авторами были установлены следующие ограничения по выбору интерферометрических пар для дальнейшей автоматизированной обработки:

- перпендикулярная компонента пространственной базы – от 0 до 40% от критической базы;
- максимально допустимый временной промежуток – 2 000 дней (то есть, фактически отсутствие ограничения по времени между снимками пары, поскольку максимальный временной промежуток между первым и последним снимком нашей 22-проходной серии составляет 1 517 дней).

22 интерферометрических снимка дают на выходе 231 возможную парную комбинацию между снимками ($22 \cdot 21 / 2 = 231$). Поэтому для дальнейшей обработки программой в соответствии с указанными выше ограничениями были отобраны 189 пар снимков (т.е. 189 независимых друг от друга и перекрестных во времени замеров смещений).

Далее, для каждой из выбранных пар был выполнен полный цикл интерферометрической обработки. Пример обработки одной конкретной пары подробно рассмотрен в работе [1]. Следует иметь в виду, что обработка одной пары снимков не является статистически представительным результатом, подходящим для численного (количественного) анализа смещений.

На выходе для каждой пары получены изображения когерентности, фильтрованных дифференциальных интерферограмм и развернутых фаз. Затем была выполнена процедура коррекции орбитальных параметров каждой съемки с помощью одного набора контрольных точек с известными координатами и высотами, взятыми с глобальной общедоступной цифровой модели рельефа SRTM.

Отдельно отметим, что процедура коррекции орбит требует наличия файла контрольных точек, предоставленных в участки плавной – неизменяющейся – фазы (без смещений и без резких перепадов релье-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

ефа), для которых известны географические координаты и абсолютные высоты над эллипсоидом WGS-84. Данные точки проставлены вручную приблизительно равномерно по площади снимка на участках фазы без сильных фазовых разностей и в не слишком зашумленные участки. Затем были определены географические координаты этих точек и их абсолютные высоты в соответствии с общедоступной глобальной цифровой модели рельефа SRTM (с помощью инструмента General Tools > Generate Ground Control Points File)

Затем была выполнена инверсия SBAs, восстанавливающая последовательную во времени динамику смещений земной поверхности из перекрестных во времени пар снимков. Результаты были геокодированы и переведены в обменный растровый формат ENVI-SARscape.

В рассматриваемом примере интерферометрической обработки данных многопроходных космических радарных съемок имело место одна особенность в обработке пар снимков, обусловленная наличием на исследуемой площади воды и сора (солончака).

Известно, что технология радарной интерферометрии после коррекции орбитальных параметров предусматривает пересчет развернутой фазы в значения смещений в метрах (этот пересчет осуществляется средствами функции SARscape > Interferometry > Phase to displacement conversion and geocoding).

В нашем случае не все значения фазы были пересчитаны в значения смещений – водная поверхность и поверхность солончака, на которых фаза крайне зашумлена (особенно на воде) тоже имеют определенные значения фазы, но они не коррелируют со смещениями земной поверхности. Значения фазы на воде случайны и в принципе не имеют физического смысла. Для отделения «полезных» – значимых – значений фазы от случайных – не значимых – используется когерентность фаз (корреляция фаз). Она измеряется в безразмерных величинах от 0 до 1 и рассчитывается по фильтрованной дифференциальной интерферограмме. На рис. 1 видно, что вода в северо-западной части снимка и сор (солончак) по центру снимка характеризуются низкими значениями когерентности, тогда как остальная площадь снимка, включая область наземной инфраструктуры рассматриваемого нефтяного месторождения, характеризуется достаточно высокими значениями когерентности. Чтобы отделить значимые значения фазы от шума и считать смещения только для пикселей со значимыми значениями фазы, был установлен порог когерентности. Для развертки фазы был установлен достаточно низкий порог когерентности (0,15), чтобы помочь процессу развертки обходить пространственные препятствия для развертки. При генерации финального продукта – карты смещений земной поверхности – порог отсечения пикселей по значению когерентности был повышен до 0,25 (то есть, значения смещений вычислялись только для пикселей со значениями когерентности выше, чем 0,25).

На рис. 2-5 показаны карты вертикальных сме-

щений земной поверхности в миллиметрах в цветовом кодировании по состоянию на начало, середину и конец всего цикла наблюдений. Голубым цветом показаны стабильные участки, от желтого цвета к красному – возрастающие оседания, синий цвет – поднятия земной поверхности.

Рассмотрим указанные карты.

На карте смещений за период с января по июль 2007 года (рис. 2) заметен очаг оседания земной поверхности на юге центральной части месторождения, в зоне интенсивной добычи нефти и очаг поднятия земной поверхности в восточной части месторождения над зоной нагнетания водяного пара в продуктивный пласт.

Также интересен локальный участок на юге центральной части территории месторождения. До 2008 года он характеризовался оседаниями земной поверхности, в 2009 году поверхность на этом участке вернулась к уровню 2007 года (начало радарных наблюдений) и затем, начиная с 2010 года, земная поверхность стала подниматься. Анализ промышленной информации показал, что добыча нефти на этом участке была прекращена и добывающие скважины были переведены в нагнетательные.



Рис.1. Изображение когерентности фаз радарных съемок. Значения когерентности, близкие к нулю – темный цвет, близкие к единице – белый цвет. Перепад значений от нуля к единице соответствует перепаду цветов от темного к белому через градации серого цвета

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Интересен участок интенсивных поднятий, имеющий очертания прямоугольного треугольника, в центре месторождения, между двумя очагами закачки водяного пара. На этом участке не производится ни добыча нефти, ни закачка водяного пара. Однако он характеризуется поднятиями земной поверхности до 25 см (за 4 года), осложненными двумя локальными относительно быстрыми оседаниями земной поверхности, характеризующимися значениями 5-10 см в 2008 и в 2011 гг. (рис.6). Изучение геолого-геофизической информации показало, что в районе указанного участка расположен грязевой вулкан (грифон), который сам по себе характеризуется циклической динамикой смещений точек земной поверхности. По мнению авторов, закачка водяного пара к юго-западу и к юго-востоку от этого участка послужила негативным фактором, вызвавшим рост грифона.

Выявлены два очага оседаний в центральной и

восточной частях месторождения, где расположено большинство добывающих скважин и ведется добыча нефти. Причем очаг оседания земной поверхности в восточной части наблюдался и ранее по данным геодезических методов наблюдений по профильным линиям реперов нивелирования. Оседания земной поверхности в центральной части происходят линейно, без ускорения, и за 4 года достигли 12 см. Примечательно, что выявленный по данным космических радарных съемок указанный очаг оседаний расположен между профильными линиями реперов нивелирования.

По результатам выявленных космической радарной съемкой участков ускоренных оседаний земной поверхности пользователю недр даны рекомендации по коррекции положения профильных линий реперов нивелирования. Обращено внимание на неравномерность расположения GPS-станций на подрабатываемой территории.

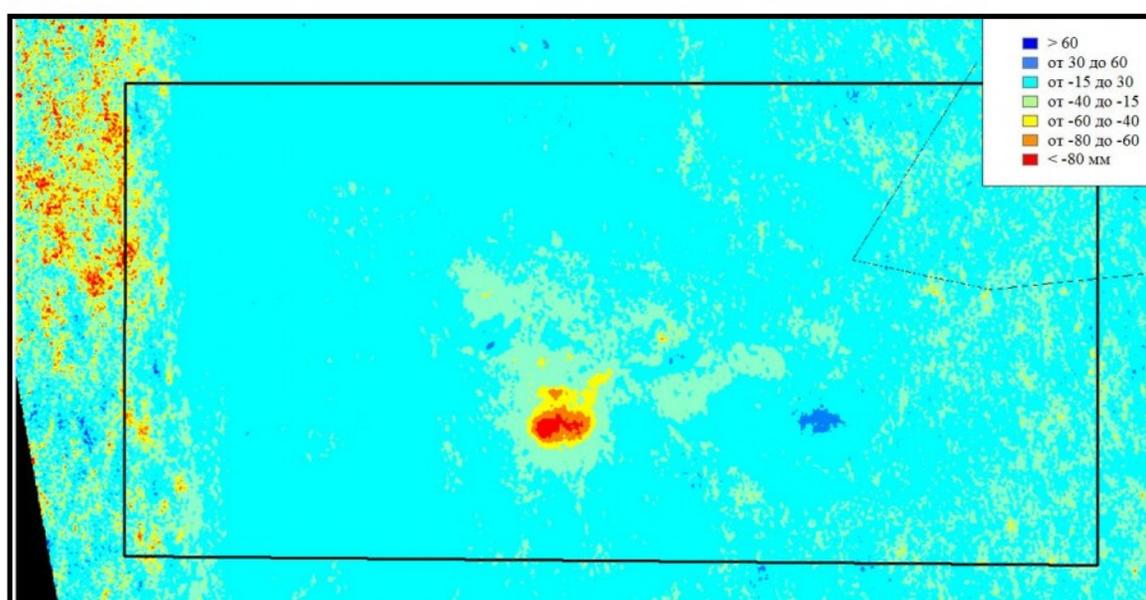


Рис.2. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 по 19.07.2007

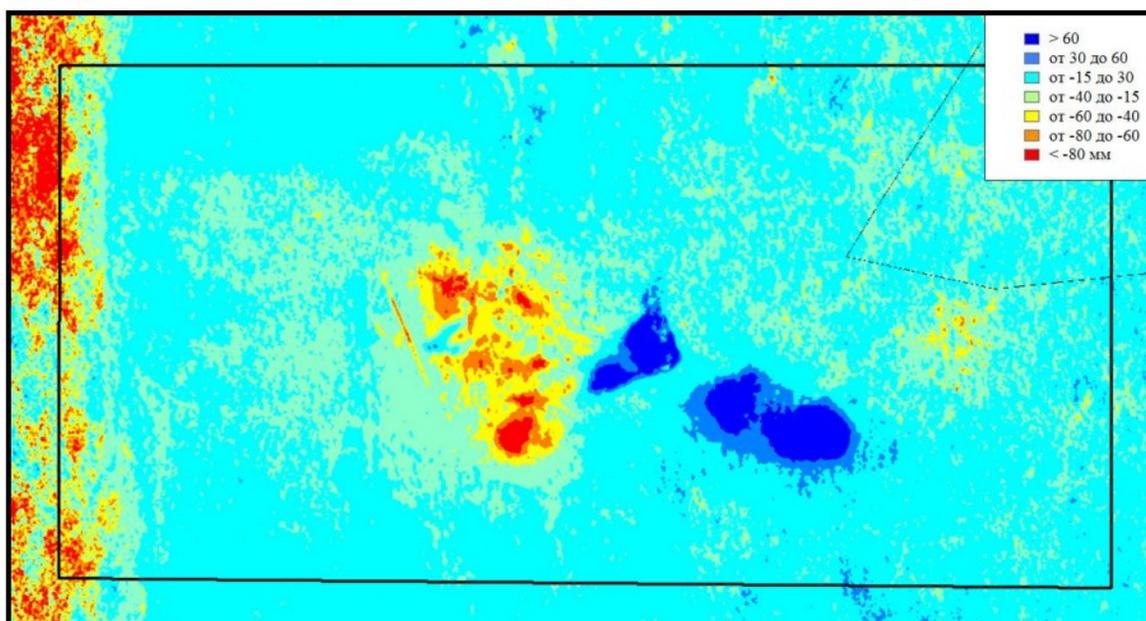


Рис.3. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 по 08.09.2009

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

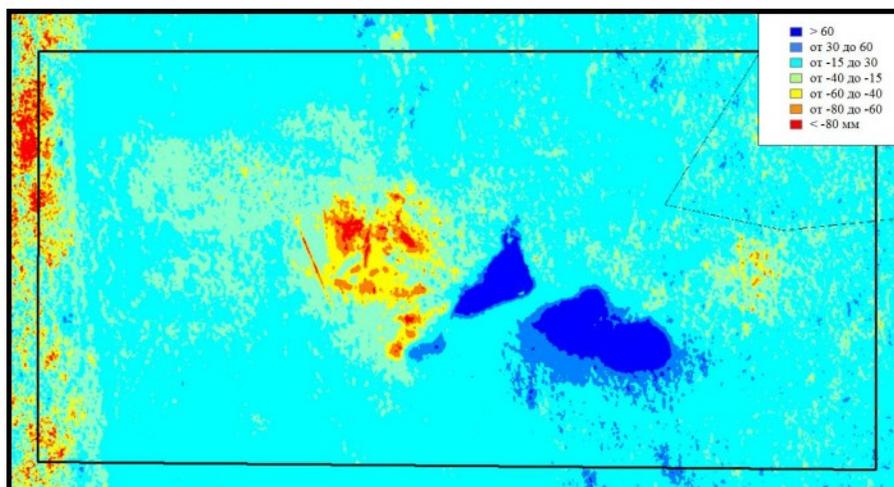


Рис.4. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 по 26.04.2010

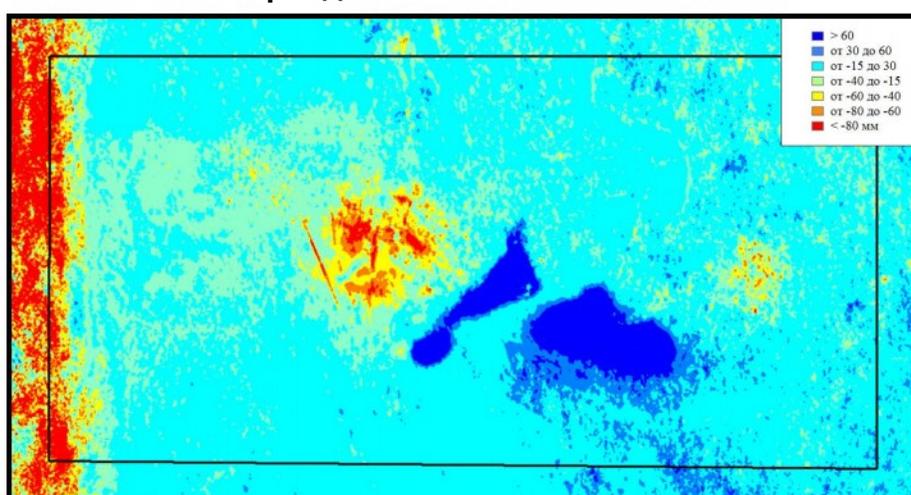


Рис.5. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 по 14.03.2011

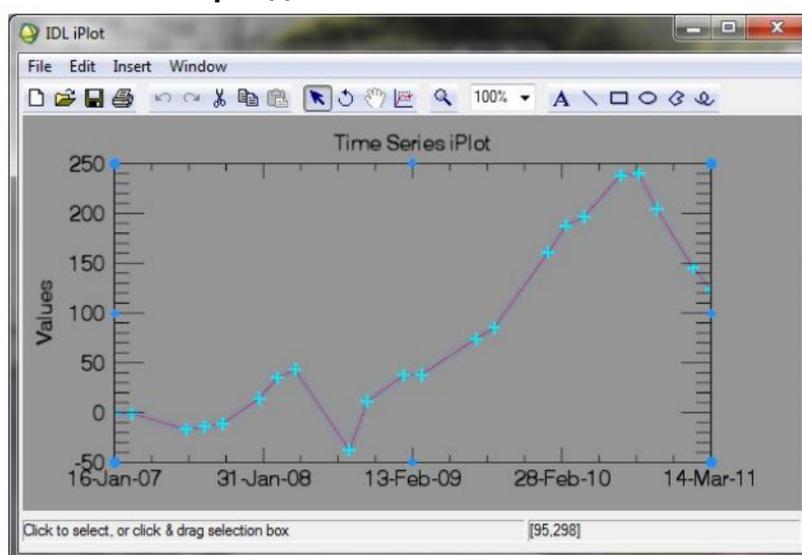


Рис.6. Вертикальные смещения земной поверхности, вызванные эффектом «дыхания» грифона (грязевого вулкана), мм

Литература

1. Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности на примере одного из месторождений Мангистауской области республики Казахстан / Ю.И. Кантемиров, А.Т. Камза, А.М. Бермуханова и др. /Геоматика. – 2014, № 4 (25).

Юрий Игоревич Кантемиров, ведущий специалист отдела программного обеспечения, ЗАО «Совзонд»;
 Анжелика Таласовна Камза, ведущий ГИС-специалист, ТОО «НПЦ «Геокен»;
 Айгерим Муратовна Бермуханова, инженер-геодезист, ТОО «НПЦ «Геокен»;
 Ануар Жанибекович Тогайбеков, ведущий геодезист, ТОО «НПЦ «Геокен»;
 Модир Амангельдиевна Сапарбекова, инженер-геофизик, ТОО «НПЦ «Геокен»;
 Сергей Эдуардович Никифоров, канд.техн.наук, НИТУ «МИСис»

УДК 622.834.1:622.031.52-118

В.Н.Гусев, А.Е.Журавлёв

ВЫВОД ПЕРЕХОДНОЙ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИЯМИ КРИВИЗНЫ, ПОЛУЧЕННЫМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИНТЕРВАЛАХ

Показана теоретическая взаимосвязь между деформациями кривизны, полученными при различных интервалах. Выведены функции для перехода с кривизны одного интервала на кривизну другого интервала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кривизна; интервал; переходная функция.



В.Н.Гусев



А.Е.Журавлев

В работе [1] показано, как с помощью переходных функций для условий четвертичных отложений г. Санкт-Петербурга [2] можно перейти с деформаций, полученных на одном интервале, к де-

формациям другого интервала. Это позволяет полученные из натуральных наблюдений или любым расчётным методом деформации, приводить к одному единому интервалу их получения, что, в конечном счете, позволяет корректно производить сравнительный анализ уровней достигнутых деформаций на различных участках геомеханического мониторинга, решать вопросы безопасной подработки зданий и сооружений через сравнение максимальных деформаций, полученных либо из натуральных наблюдений, либо прогнозным способом, с допустимыми деформациями [3], которые также привязаны к определённому интервалу их получения. В работе [1] переходная функция выведена с применением методов математической статистики, что некорректно отражает, за счет осреднения, зависимость деформаций от интервала их получения. Ниже приводится теоретическая взаимосвязь между деформациями, полученными на различных интервалах, и вывод переходной функции без привлечения статистических методов.

На основании [1] для кривизны, полученной на интервале l_i , можно записать:

$$K_i = \frac{\eta_0}{l_i^2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}} \cdot \left[e^{-\frac{l_i^2}{2i_x^2}} \cdot \left(e^{\frac{x l_i}{i_x^2}} + e^{-\frac{x l_i}{i_x^2}} \right) - 2 \right].$$

По аналогии для кривизны, полученной на интервале l_j , запишем:

$$K_j = \frac{\eta_0}{l_j^2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}} \cdot \left[e^{-\frac{l_j^2}{2i_x^2}} \cdot \left(e^{\frac{x l_j}{i_x^2}} + e^{-\frac{x l_j}{i_x^2}} \right) - 2 \right].$$

Составим отношение этих двух значений кривизны:

$$\frac{K_i}{K_j} = \frac{\eta_0 \cdot e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}} \cdot l_j^2 \cdot \left[e^{-\frac{l_i^2}{2i_x^2}} \cdot \left(e^{\frac{x l_i}{i_x^2}} + e^{-\frac{x l_i}{i_x^2}} \right) - 2 \right]}{\eta_0 \cdot e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}} \cdot l_i^2 \cdot \left[e^{-\frac{l_j^2}{2i_x^2}} \cdot \left(e^{\frac{x l_j}{i_x^2}} + e^{-\frac{x l_j}{i_x^2}} \right) - 2 \right]},$$

$$\frac{K_i}{K_j} = \frac{l_j^2}{l_i^2} \cdot \frac{e^{-\frac{l_i^2}{2i_x^2}} \cdot \left(e^{\frac{x l_i}{i_x^2}} + e^{-\frac{x l_i}{i_x^2}} \right) - 2}{e^{-\frac{l_j^2}{2i_x^2}} \cdot \left(e^{\frac{x l_j}{i_x^2}} + e^{-\frac{x l_j}{i_x^2}} \right) - 2}.$$

Максимальное значение вогнутости кривизна принимает в точке $x=0$ [1, 2]. С учетом этого выражение примет следующий вид:

$$\frac{K_i}{K_j} = \frac{l_j^2}{l_i^2} \cdot \frac{e^{-\frac{l_i^2}{2i_x^2}} - 1}{e^{-\frac{l_j^2}{2i_x^2}} - 1}. \quad (1)$$

Обозначим $\frac{l_i}{i_x} = l_i^{np}$ - интервал между реперами,

приведенный к параметру ширины мульды i_x . Тогда:

$$F(l^{np}) = \frac{K_i}{K_j} = \left(\frac{l_j^{np}}{l_i^{np}} \right)^2 \cdot \frac{e^{-\frac{(l_i^{np})^2}{2}} - 1}{e^{-\frac{(l_j^{np})^2}{2}} - 1}. \quad (2)$$

Обозначим $(l_i^{np})^2 = a$, $(l_j^{np})^2 = b$. Тогда:

$$\frac{K_i}{K_j} = \frac{b}{a} \cdot \frac{e^{-\frac{a}{2}} - 1}{e^{-\frac{b}{2}} - 1}. \quad (3)$$

Построим график функции

$$F(a, b) = \ln \left(\frac{K_i}{K_j} \right) = \ln \left(\frac{b}{a} \cdot \frac{e^{-\frac{a}{2}} - 1}{e^{-\frac{b}{2}} - 1} \right) \quad (\text{см. рис.1}).$$

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

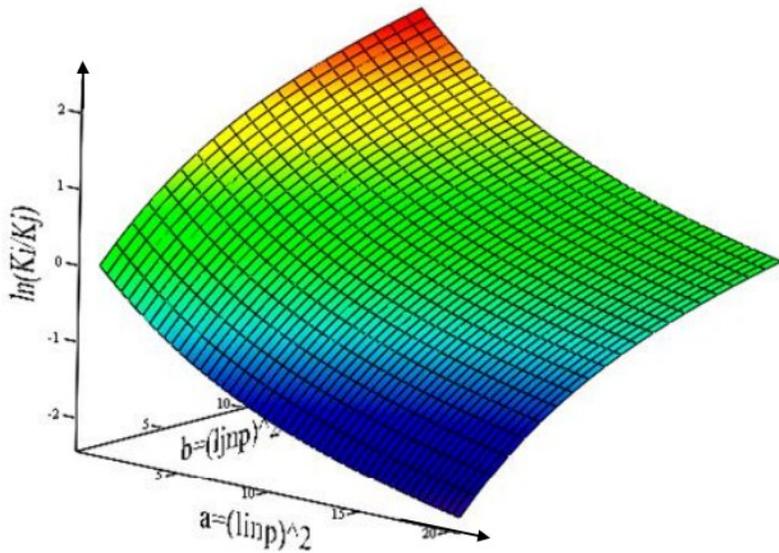


Рис.1. График функции $F(a,b) = \ln\left(\frac{K_i}{K_j}\right) = \ln\left(\frac{b \cdot e^{\frac{a}{2}} - 1}{a \cdot e^{\frac{b}{2}} - 1}\right)$

Это параболическая поверхность. График приведен для значений a и b от 0 до 20, что соответствует приведенным интервалам $l^{np} = 0..4,5$. Для внесения упрощений построим плоскость, которая бы максимально соответствовала этому графику в заданных интервалах a и b . Уравнение такой плоскости:

$$P(a,b) = -0.115 \cdot a + 0.115 \cdot b. \quad (4)$$

На рис.2 показан совмещенный график двух функций $F(a,b)$ и $P(a,b)$.

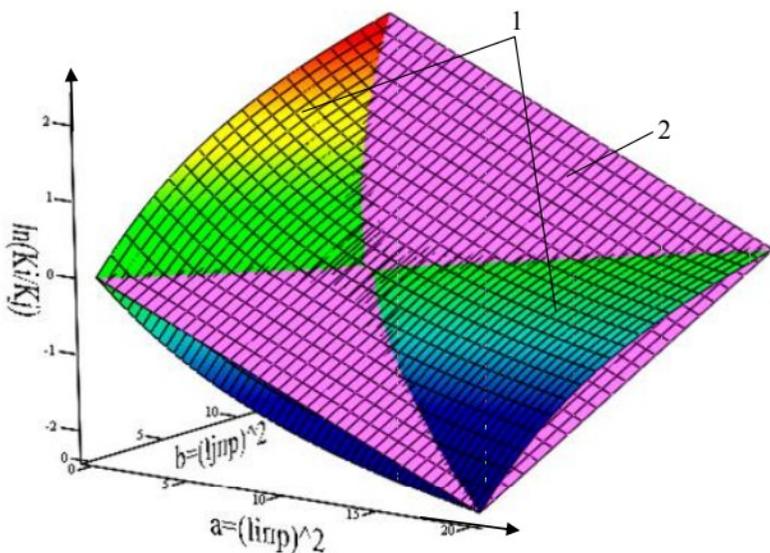


Рис.2. Совмещенный график двух функций F(a,b) и P(a,b):

1 – график функции $F(a,b)$; 2 – график функции $P(a,b)$

Таким образом, если принять допущение, что $\ln\left(\frac{K_i}{K_j}\right) = P(a,b) = -0.115 \cdot a + 0.115 \cdot b,$ (5)

то отсюда

$$\frac{K_i}{K_j} = \frac{b}{a} \cdot \frac{e^{\frac{a}{2}} - 1}{e^{\frac{b}{2}} - 1} \approx \left(\frac{e^b}{e^a}\right)^{0.115}, \quad (6)$$

где $a = (l_i^{np})^2$, $b = (l_j^{np})^2$.

Сравним графики функций

$$F_0(a,b) = \frac{b}{a} \cdot \frac{e^{\frac{a}{2}} - 1}{e^{\frac{b}{2}} - 1} \quad (\text{разноцветный}) \quad \text{и}$$

$$P_0(a,b) = \left(\frac{e^b}{e^a}\right)^{0.115} \quad (\text{розовый}):$$

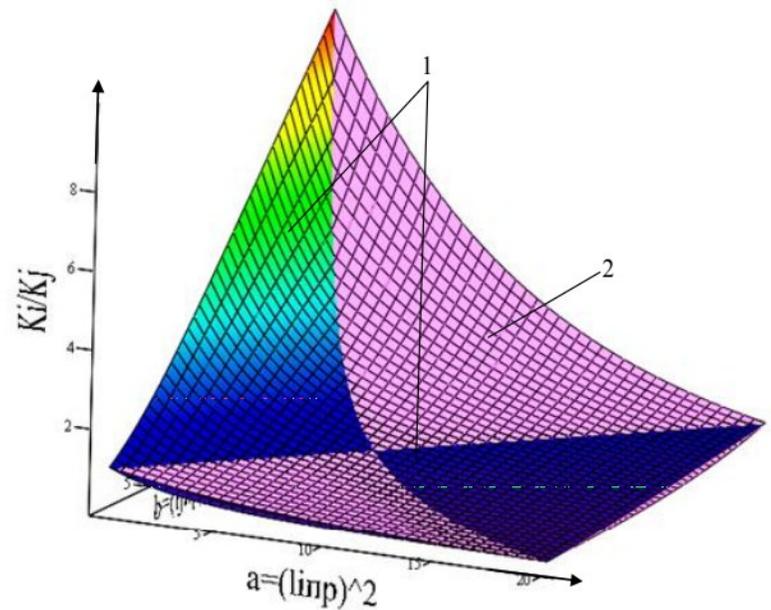


Рис.3. Совмещенный график двух функций F_0(a,b) и P_0(a,b):

1 – график функции $F_0(a,b)$; 2 – график функции $P_0(a,b)$

При обратной подстановке $a = (l_i^{np})^2$, $b = (l_j^{np})^2$ получаем формулу:

$$P(l^{np}) = \frac{K_i}{K_j} = \left(\frac{e^{(l_j^{np})^2}}{e^{(l_i^{np})^2}}\right)^{0.115}. \quad (7)$$

Снова сравниваем графики функций

$$F(l^{np}) = \left(\frac{l_j^{np}}{l_i^{np}}\right)^2 \cdot \frac{e^{\frac{(l_i^{np})^2}{2}} - 1}{e^{\frac{(l_j^{np})^2}{2}} - 1} \quad (\text{разноцветный}) \quad \text{и}$$

$$P(l^{np}) = \left(\frac{e^{(l_j^{np})^2}}{e^{(l_i^{np})^2}}\right)^{0.115} \quad (\text{розовый}):$$

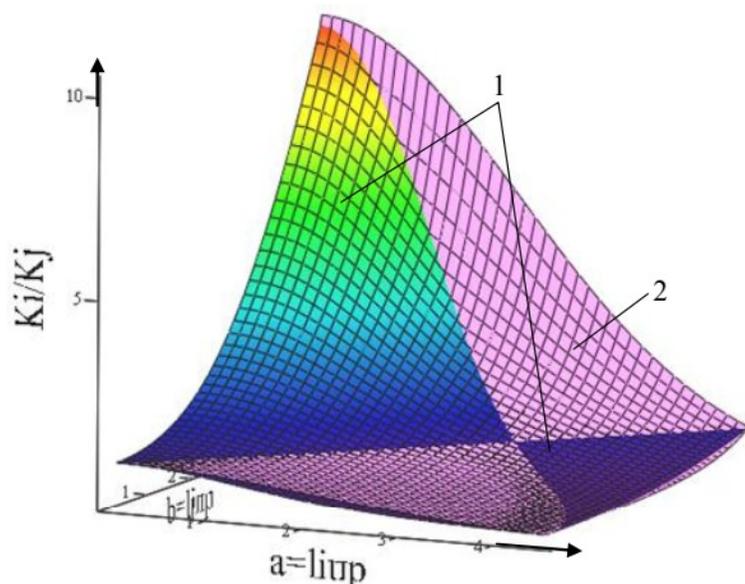


Рис.4. Совмещенный график двух функций $F(l^{np})$ и $P(l^{np})$:

1 – график функции $F(l^{np})$; 2 – график функции $P(l^{np})$

Этот график сделан для интервалов $l^{np} = 0..4,5$, так как до этого по осям откладывался приведенный интервал в квадрате $(l^{np})^2 = 0..20$, а $\sqrt{20} \approx 4.5$.

Таким образом, получены две переходные функции: теоретическая – формула (2); упрощенная через введенные допущения – формула (7). На рис. 5 представлены графики этих функций в зависимости

от аргумента $\left(\frac{l_j^{np}}{l_i^{np}}\right)$, в котором $l_j^{np} = \frac{l_j}{i_x}$, $l_i^{np} = \frac{l_i}{i_x}$;

l_j, l_i – соответственно интервалы получения кривизны K_j, K_i для песков четвертичных отложений г. Санкт-Петербурга $i_x = \frac{z_0}{3}$ [2], z_0 – вертикальное расстояние

(глубина) от поверхности земли до оси тоннеля.

Из представленного графика (рис. 5) следует, что в рассматриваемых условиях при глубине залегания тоннеля $z_0=100$ м и более влияние величины интервала на величину деформации кривизны практически отсутствует. Отклонение графика теоретической переходной функции (2) от упрощенной (7) составляет $5\div 35\%$. При этом, если пользоваться функцией (7) для перехода с кривизны на меньшем интервале к кривизне большего интервала, то получаемое значение кривизны будет на $5\div 35\%$ больше, чем по формуле (2), то есть с некоторым запасом, что важно при решении вопросов подработки зданий, сооружений. При переходе с большего интервала на меньший – получаемое значение кривизны будет на $5\div 35\%$ меньше, чем по формуле (2). На практике чаще возникает

необходимость перехода с кривизны меньшего интервала на больший.

Выводы

1. Для приведения деформаций кривизны к требуемому интервалу измерения для условий строительства тоннелей в четвертичных отложениях (песках) г. Санкт-Петербурга рекомендуется использовать теоретическую зависимость:

$$F(l^{np}) = \frac{K_i}{K_j} = \left(\frac{l_j^{np}}{l_i^{np}}\right)^2 \cdot \frac{e^{\frac{(l_i^{np})^2}{2}} - 1}{e^{\frac{(l_j^{np})^2}{2}} - 1},$$

где $l_j^{np} = \frac{l_j}{i_x}$, $l_i^{np} = \frac{l_i}{i_x}$; l_j, l_i – соответственно интервалы

получения кривизны K_j, K_i для песков четвертичных отложений г. Санкт-Петербурга $i_x = \frac{z_0}{3}$ –

параметр ширины мульды [2]; z_0 – вертикальное расстояние (глубина) от поверхности земли до оси тоннеля. Непосредственное приведение кривизны к требуемому интервалу осуществляется по формуле

$$K_i = K_j \cdot \left(\frac{l_j^{np}}{l_i^{np}}\right)^2 \cdot \frac{e^{\frac{(l_i^{np})^2}{2}} - 1}{e^{\frac{(l_j^{np})^2}{2}} - 1}.$$

2. Для перехода с кривизны, полученной на меньшем интервале к кривизне большего интервала можно рекомендовать к использованию упрощенную переходную функцию:

$$P(l^{np}) = \frac{K_i}{K_j} = \left(\frac{e^{\frac{(l_j^{np})^2}{2}}}{e^{\frac{(l_i^{np})^2}{2}}}\right)^{0.115},$$

откуда сам переход с кривизны меньшего интервала на кривизну большего интервала осуществляется по формуле:

$$K_i = K_j \cdot \left(\frac{e^{\frac{(l_j^{np})^2}{2}}}{e^{\frac{(l_i^{np})^2}{2}}}\right)^{0.115}.$$

При этом значения кривизны K_i будут получаться на $5\div 35\%$ больше, чем по теоретической зависимости (см. п.1), т.е. кривизна будет определена с запасом.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

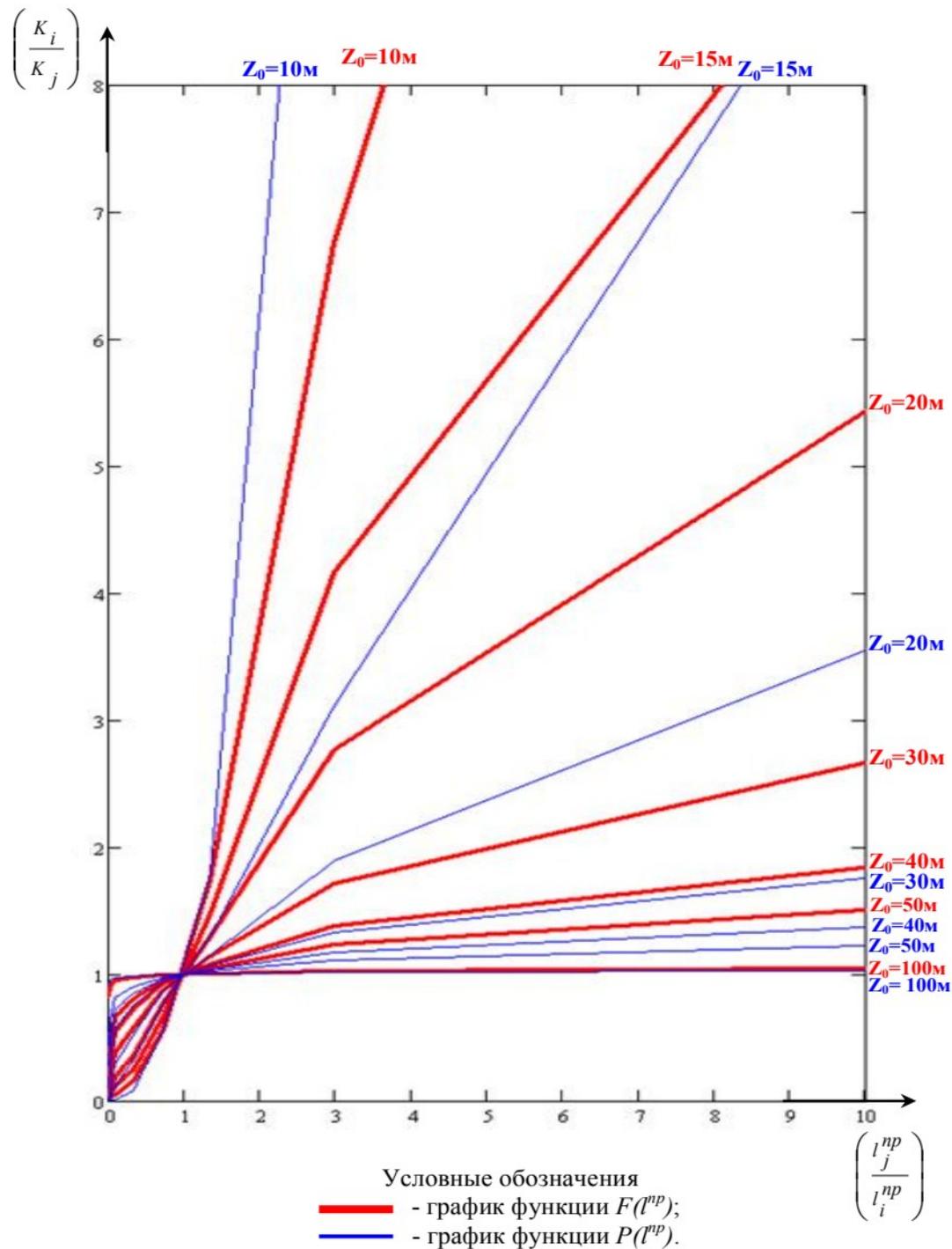


Рис. 5. Совмещенный график двух функций $F(l_j^{np})$ и $P(l_j^{np})$ в

зависимости от аргумента $\left(\frac{l_j^{np}}{l_i^{np}}\right)$

Литература

1. Гусев В.Н., Журавлев А.Е. Приведение деформаций, полученных при различных интервалах измерения, к заданному интервалу через переходную функцию / *Маркшейдерский вестник* № 1, 2014. С.36 - 38

2. Журавлёв А.Е., Гусев В.Н. Определение оптимального интервала между реперами профильных линий, закладываемых для контроля сдвижений и деформаций

земной поверхности при строительстве тоннелей / *Маркшейдерский вестник* № 6, 2013. С.60 - 63

3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. /Минтопэнерго РФ. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой науч. Центр ВНИМИ. – СПб., 1998. 290 с.

Владимир Николаевич Гусев, д.т.н., проф., зав. кафедрой маркшейдерского дела, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, тел. (812) 328-82-59, E-mail: kmd@spmi.ru;

Алексей Евгеньевич Журавлёв, главный маркшейдер ООО «Струйные технологии и строительство - СТус», Санкт-Петербург, тел. (812) 766-4854, E-mail: zhuravlev@stis.com.ru

УДК 534.6.08: 691.212: 53.092: 620.173.2: 620.179.16: 622.833/.838

В.М.Цаплев, Р.М.Иванюк, В.В.Зверевич, Г.П.Жуков

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ УПРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

Исследовано нестационарное поведение упругих характеристик поликристаллических горных пород (модуля Юнга и внутреннего трения) под действием скачкообразно приложенного одноосного статического сжатия. Показано, что изменение этих параметров во времени носит сложный характер – вначале достаточно быстрое изменение, затем медленное, происходящее по логарифмическому закону, затем переход к насыщению, либо лавинообразный процесс разрушения, в зависимости от достижения предела прочности. Исследования выполнялись при помощи оригинальной установки ультразвуковым методом нагруженного составного вибратора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поликристаллические горные породы; упругость; внутреннее трение; ползучесть; ультразвуковой контроль; статическое сжатие; ультразвуковой метод; нагруженный составной вибратор.

В настоящее время удельный вес горнодобывающей промышленности в валовом национальном продукте большинства стран весьма высок и будет, несомненно, расти. Увеличение добычи полезных ископаемых проектируется за счет совершенствования техники горнодобывающих предприятий, внедрения новых технологий, закрытия нерентабельных производств, повышения производительности, безопасности и качества труда горняков. Одним из результатов научно-технической революции, начавшейся в конце XX века, явилось смещение акцентов с мира предметов на мир процессов.

Современные задачи и достижения горного дела вообще и маркшейдерского искусства в частности актуализируют системное эргономическое изучение совокупности «человек (работник) – техника (прибор) – среда горного производства» путём выполнения мониторинговых наблюдений за устойчивостью и деформациями массива горных пород [1]. Следовательно, под пристальное внимание исследователей попадают физико-механические свойства горных пород. Горные работы, их производительность и безопасность, равно как и качество продукции горнодобывающих предприятий, всё в большей степени зависят от природных условий, от структуры и прочности руд и вмещающих пород [2].

Одним из наиболее важных физико-механических свойств горных пород является ползучесть, т.е. изменение во времени свойств материала после некоторого воздействия. Обычно под ползучестью понимают изменение во времени механических характеристик, т.е. деформации при приложении постоянного или меняющегося во времени механического напряжения, или наоборот – изменение напряжения при постоянной деформации. Ползучесть обусловлена дефектностью структуры материала, т.е. наличием точечных или протяженных дефектов как макроскопических, так и микроскопических. Микроскопические дефекты проявляются на уровне кристаллической решетки, макроскопические – это, главным образом, микро- и макротрещины. Поскольку во времени меняется структура материала, то ползучесть представляет собой нелинейный процесс, т.е. меняются во времени модули упругости, магнитные свойства (для магнетиков) и т.д. Кроме того, следует иметь в виду, что процесс изменения параметров во времени обусловлен широким спектром физических процессов, протекающих

при этом. Каждый такой процесс характеризуется своим значением энергии активации и своим значением характерного времени релаксации.

Это означает, что регистрацию параметра, меняющегося во времени в процессе ползучести, следует измерять с возможно большей точностью. Исследованию ползучести посвящено очень большое число научных исследований, однако вопрос о точности измерений остается актуальным. Среди обобщающих монографий на тему ползучести минералов и горных пород (а также металлов и керамики) следует отметить фундаментальную работу Ж.-П.Пуарье [3]. Экспериментальные методы исследования ползучести – в основном статические, когда измеряется тем или иным способом статическая (или квазистатическая) деформация при постоянной (или меняющейся по определенному закону) нагрузке. Такие методы ограничены точностью в 1-2%. Существенно более точными являются ультразвуковые методы. В работе [4] описан ультразвуковой метод нагруженного составного вибратора, при котором возможно выполнить два взаимоисключающих условия – образец должен одновременно находиться под действием статической или квазистатической нагрузки, и в то же время быть акустически свободным, чтобы сжимающее устройство не демпфировало колебаний.

В работе [5] рассмотрено применение этого метода для исследования ползучести хибинита, добываемого на месторождении Ловчорр (г. Кировск, Мурманской области) гранулита. Предварительные исследования показали, что пористый поликристаллический материал – хибинит, обладающий, как и следовало ожидать, наибольшим внутренним трением, в то же время и является наиболее «ползучим». Линейный от логарифма времени характер изменения модуля Юнга наблюдался не во всем диапазоне значений времени, а лишь в ограниченном.

Первые сведения о логарифмическом временном характере ползучести были получены в работе [6] для пород, подверженных постоянно действующему напряжению сжатия в течение долгого времени. Закон изменения параметра (например, деформации) предполагался следующим (в пределах точности измерений):

$$u = A \pm B \ln t + Ct. \quad (1)$$

Здесь, правда, следует иметь в виду, что поскольку аргумент логарифма должен быть величиной

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

безразмерной, то правильнее было бы записать это уравнение следующим образом:

$$u = A \pm B \ln\left(\frac{t}{\tau}\right) + C\left(\frac{t}{\tau}\right), \quad (2)$$

где τ - характеристическое время. Это, впрочем, не меняет ничего по существу, поскольку лишь означает некую добавку к постоянной A .

Знаки "плюс" (+) и "минус" (-) соответствуют двум различным типам изменения во времени, наложенным друг на друга: (а) - "упругое" изменение и (б) - псевдовязкое изменение. Последнее имеет место при постоянной скорости для постоянных напряжений, следуя, таким образом, члену Ct в первом уравнении. Здесь следует отметить логарифмический характер ползучести, что характерно для многорелаксационных систем.

Ранее было показано [5], что после приложения постоянной механической нагрузки внутреннее трение может уменьшаться, а действующий модуль упругости (модуль Юнга) увеличиваться не мгновенно, а в течение некоторого времени, причем переходный процесс после скачкообразного изменения механического напряжения

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_1 F(t), \quad (3)$$

где $F(t)$ - единичная функция, причем это изменение может иметь неэкспоненциальный характер. Это означает, что релаксационный процесс характеризуется плотным спектром времен релаксации. Релаксационными процессами являются все возможные процессы, протекающие в поликристаллическом материале, который может также содержать микротрещины и микропоры.

Результат измерений показан на рис.1. Здесь приведены зависимости дефекта модуля Юнга (т.е. относительного изменения модуля Юнга) во времени под действием приложенного скачкообразно постоянного механического напряжения сжатия 100 МПа для двух материалов: хибинита (кривая 1) и для доломита (кривая 2). Закон изменения - логарифмический в некотором интервале времени, в полном соответствии с (1) и для доломита (2).

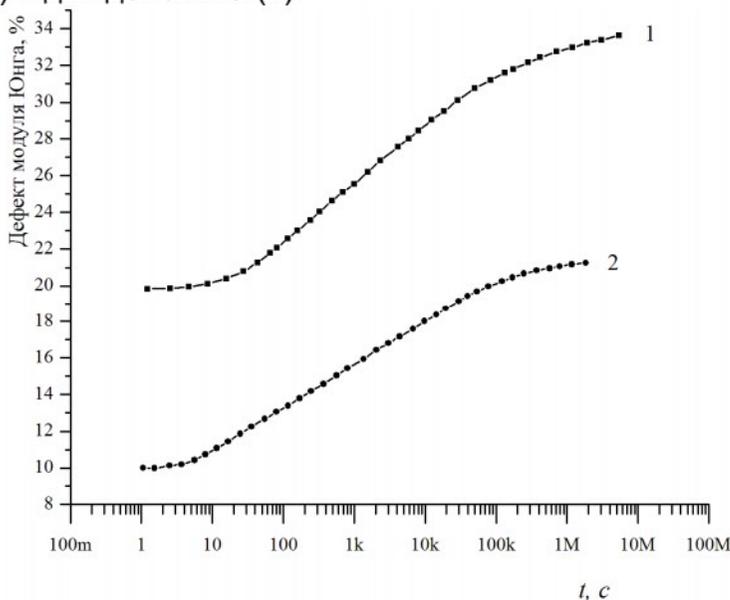


Рис.1. Зависимость дефекта модуля Юнга от времени для хибинита (1)

В работе [5] было получено выражение для функции переходного процесса в многорелаксационной системе, обладающей механической вязкостью:

$$\frac{E}{E_0} = 1 + \frac{1-\xi}{\ln\tau_{\max} - \ln\tau_{\min}} \left[Ei\left(-\frac{t}{\tau_{\max}}\right) - Ei\left(-\frac{t}{\tau_{\min}}\right) \right], \quad (4)$$

где E_i - интегральная показательная функция:

$$Ei\left(-\frac{t}{\tau}\right) = -\int_{-\frac{t}{\tau}}^{\infty} \frac{\exp\left(\frac{t}{\tau}\right)}{t} dt = C + \ln\frac{t}{\tau} + \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{\left(\frac{t}{\tau}\right)^k}{k \cdot k!}, \quad (5)$$

а $C=0,57721\dots$ - постоянная Эйлера. Для малых значений времени (т.е. значительно меньших нижнего предела спектра времен релаксации $t \ll \tau_{\min}$):

$$-\frac{\Delta E}{E_0} \approx \frac{1-\xi}{(\ln\tau_{\max} - \ln\tau_{\min})} \cdot \left(\frac{1}{\tau_{\min}} - \frac{1}{\tau_{\max}} \right) t + \xi, \quad (6)$$

т.е. вязкое изменение (нарастание или убывание) параметра E (в данном случае модуля Юнга) происходит по линейному закону. Знак изменения (плюс или минус) определяется микротрещиноватой структурой породы. Если микротрещины расположены поперечно (или квазипоперечно) направлению сжатия, то модуль Юнга возрастает при сжатии, т.е. микротрещины залечиваются. При продольном (или квазипродольном) расположении микротрещин сжатие приводит к их росту, податливость увеличивается (модуль Юнга уменьшается). Начиная с некоторого значения происходит лавинообразный рост податливости, что приводит к разрушению материала.

Сравнение с экспериментальными результатами, проведенными на рис.1, показывает их хорошее соответствие предлагаемой модели.

Поскольку логарифмический характер временной зависимости в некотором диапазоне значений времени смоделирован, проверен экспериментально и подтверждается данными, полученными другими исследователями, то имеет смысл обратить внимание на поведение материала в начальный период времени. В этом случае выражение (6) прогнозирует линейный закон изменения параметра, что не согласуется с результатами, полученными некоторыми авторами. Например, в [8] автор предлагает степенной закон поведения деформации для сицилийского мрамора вида

$$u = a \cdot t^b. \quad (7)$$

Однако этот закон не согласуется с последующим ходом процесса.

Некоторые материалы вообще не имеют начальной временной зависимости [9], разрушение начинается сразу при достижении предела разрушения.

Таким образом, при дальнейших исследованиях следует обратить особое внимание на поведение материала за короткое время после приложения статической нагрузки. Предлагаемый ультразвуковой метод как нельзя более подходит для таких измерений.

Пользуясь им, можно определить границы спектра времен релаксации. Особенно важно это сделать для определения нижней границы τ_{\min} . Способ опре-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

деления показан в работе [5]. Для хибинита при комнатной температуре (т.е. $\approx 300\text{K}$) $\tau_{\min} = 20$ с, $\tau_{\max} = 4 \cdot 10^5$ с. Соответствующие значения энергий активации можно получить, измеряя температурные зависимости границ спектра времен релаксации, пользуясь методом пятикомпонентного нагруженного составного вибратора, описанного в работе [4].

Детальный анализ всех возможных механизмов физических процессов, которые могут иметь место в пористых и микротрещиноватых поликристаллических горных породах, выходит далеко за рамки настоящей работы.

Литература

1. Зверевич В.В., Коршунов Г.И., Рыбкин В.К. Человеческий фактор в маркшейдерском деле. – СПб.: ОАО «Издательство «Недра», 1998.- 184 с.
2. Ломоносов Г.Г. Горная квалиметрия. //Учебное пособие. Изд. 2-е стереотипное. – М. Изд-во «Горная книга»,

2007. -201 с.

3. Пуарье Ж.-П. Ползучесть кристаллов. Механизмы деформации металлов, керамики и минералов при высоких температурах: Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 287 с.

4. Цаппев В.М. Нелинейные свойства и ползучесть пьезокерамики. СПб: Изд-во СЗТУ. 2003. 306 с.

5. Цаппев В.М., Иванюк Р.М., Зверевич В.В. Ультразвуковой метод исследования ползучести поликристаллических горных пород // Записки Горного института. Современные проблемы освоения территорий, т.204, 2013, с. 96-101.

6. Read T.A. Internal Friction of Rocks // Phys. Review. 1938. V.54. P.389 - 395.

7. Read T.A. Internal Friction of Single Metal Crystals // Physical Review. 1940. Vol.58. №4. P.371-380.

8. D.P.Singh. A Study of Creep of Rocks // Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech. Abstr. 1975. Vol. 12, P.271-276.

9. Pomeroy C.D. Creep in coal at room temperature / Nature, Land. 1956. V. 178. P.P. 279-280.

Валерий Михайлович Цаппев, д-р техн.наук, профессор кафедры электроакустики и ультразвуковой техники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ), тел. (812) 234-37-26, E-mail: valery@convergences-fr.ru;
Роман Миронович Иванюк, главный метролог ОАО «Апатит», аспирант кафедры электроакустики и ультразвуковой техники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ), тел.: (81531)32155, 35370, факс: (81531)32092, E-mail: rivanyuk@phosagro.ru;
Виктор Викторович Зверевич, канд.техн. наук, доцент кафедры маркшейдерского дела Горного университета, тел. (812)328-8259, E-mail: kmd@spmi.ru;
Григорий Петрович Жуков, канд.техн. наук, заведующий лабораторией маркшейдерских работ Научного центра геомеханики и проблем горного производства Горного университета, тел. (812)321-30-30, E-mail: zhukov_gp@spmi.ru

ООО «Союз маркшейдеров России» НОЧУ «ЦДО «Горное образование»
(Лицензия серии 77 № 002121, Регистрационный № 029073)

График проведения курсов на 2014-2015 годы (72 часа):

Сроки проведения	Направление	Категория слушателей
17.11.2014-26.11.2014 09.02.2015-18.02.2015 10.03.2015-19.03.2015* 13.04.2015-22.04.2015 25.05.2015-03.06.2015** 21.09.2015-30.09.2015*** 19.10.2015-28.10.2015**** 16.11.2015-25.11.2015	«Маркшейдерское дело»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
10.03.2015-19.03.2015** 25.05.2015-03.06.2015*** 21.09.2015-30.09.2015**** 19.10.2015-28.10.2015	«Геология»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
10.03.2015-19.03.2015* 25.05.2015-03.06.2015** 21.09.2015-30.09.2015*** 19.10.2015-28.10.2015****	«Промышленная безопасность опасных производственных объектов»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций

* - курсы проводятся в г. Ханты-Мансийске. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»

** - курсы проводятся в г.Ессентуки. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»

*** - курсы проводятся в г.Ялте. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской конференции «Рациональное и безопасное недропользование»

**** - слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии в горном деле, геологическом и маркшейдерско-геодезическом обеспечении горных работ» в г. Санкт-Петербурге (2014 г.), в г. Москве (2015 г.)

Получить более подробную информацию о полном перечне направлений курсов повышения квалификации и переподготовки можно на сайте www.mwork.su, по e-mail: obr@mwork.su; gorobr@inbox.ru или по тел. (495) 641-00-45, (499) 263-15-55

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

ОБЗОР ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «РАЦИОНАЛЬНОЕ И БЕЗОПАСНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ»



С 22 по 27 сентября 2014 г. в г. Ялта состоялась Всероссийская научно-практическая конференция «Рациональное и безопасное недропользование». Организаторами конференции выступили: Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России», Некоммерческое партнерство «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело» и НОЧУ «ЦДО «Горное образование».



В работе конференции приняли участие порядка 90 человек, включая руководителей и ведущих специалистов маркшейдерских и геологических служб горно- и нефтегазодобывающих организаций: ОАО «Газпром», ОАО «Газпром нефть», ОАО НК «Русс-Нефть», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «РИТЭК», ОАО «СУЭК», ОАО «Стойленский ГОК», ООО «Читауголь», ОАО «Учалинский ГОК», ОАО «Самотлорнефтегаз», ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», ЗАО «Ванкорнефть», ЗАО «Газпром нефть Оренбург», ООО «Башнефть-Добыча», ОАО «Варьеганнефть», ОАО «Севернефтегазпром», ООО «Газпром ПХГ», ОАО «Томскгазпром», ООО «Газпром добыча Краснодар», ОАО «НАК «АКИ-ОТЫР», ООО «ГПН – Развитие» филиал «Мессояха», ООО «Новатэк – Юрхаровнефтегаз», ООО «Яргео», ОАО МПК «Аганнефтегазгеология», ОАО «ЕвроХимВолгаКалий», ОАО «Нижне-Ленское», и др., а также специалисты федеральных органов исполнительной власти – Минюста России, Минприроды России, Ростехнадзора, слушатели курсов повышения квалификации и представители научных, общественных, экспертных организаций, ведущих специализированных маркшейдерско-геодезических компаний, включая, ЗСФ ИНГГ СО РАН, НИ ИГГУ, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», ООО НП «Сибгеокарта», ООО «МарГео»,

НОУ «Корпоративный университет «Норильский никель», ООО Навгеоком».



В ходе заседаний были заслушаны доклады на такие актуальные темы, как: «Совершенствование государственной политики в области недропользования», «Об опыте надзорной деятельности и нормативного регулирования Ростехнадзора в сфере недропользования», «История маркшейдерского дела в России», «Правовое регулирование вопросов рационального и безопасного недропользования», «Международный союз маркшейдеров – состояние и перспективы», «О системе непрерывного обучения в недропользовании», «Актуальные вопросы проектирования геодинамических полигонов», «Результаты мониторинга современных деформационных процессов на Самотлорском геодинамическом полигоне», «Опыт внедрения ГИС в нефтегазовой компании», «О квалификационных требованиях к подрядным организациям в сфере проектирования маркшейдерских работ».

В рамках конференции были проведен круглый стол на тему: «О реализации новых законодательных требований по оформлению горноотводной документации и планов развития горных работ».



На конференции были вручены почетные грамоты и благодарности за большой вклад в маркшейдерское дело, обеспечение безопасного, рационального недропользования и охраны недр от Минэнерго России Союза маркшейдеров России и НП «СРГП «Горное дело».

В рамках конференции были проведены техническая экскурсия и культурная программа по памятным местам Крыма.

По результатам работы участниками конференции было принято решение.

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ



РЕШЕНИЕ

Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии при недропользовании»

25.09.2014 г.

г.Ялта

1. Одобрить проводимую Общероссийской общественной организацией «Союз маркшейдеров России» и Некоммерческим партнерством «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело» работу по обеспечению промышленной безопасности при недропользовании и геолого-маркшейдерскому обеспечению работ при добыче минерального сырья.

2. В связи с осложнением международной обстановки, которая может вызвать проблемы в использовании GPS-систем, рекомендовать руководителям маркшейдерских служб горно- и нефтегазодобывающих организаций осуществить переход на геодезическое навигационное оборудование ГЛОНАС, а также обеспечить сохранность пунктов государственной геодезической сети и опорных маркшейдерских сетей, традиционных оптических и оптико-электронных приборов и инструментов.

3. Рекомендовать руководителям геологических, маркшейдерских и иных инженерных служб горно- и нефтегазодобывающих организаций обеспечить:

- подготовку предложений по формированию ведомственных документов Ростехнадзора для реализации требований проектов постановлений Правительства Российской Федерации по утверждению «Положения о подготовке, рассмотрении и согласовании планов или схем развития горных работ по видам полезных ископаемых» и «Положения о подготовке и оформлении документов, удостоверяющих уточнённые границы горного отвода», а также по дополнению и изменению «Инструкции по производству маркшейдерских работ»;
- организационно-техническую поддержку деятельности кафедр геологии, маркшейдерского дела и промышленной безопасности, иных инженерных кафедр горных вузов, включая их оснащение новейшими приборами и оборудованием, технической литературой, организацию производственных практик студентов, привлечение к выполнению хозяйственных работ;
- подписку предприятий-недропользователей на

профессиональные издания - «Маркшейдерский вестник», «Маркшейдерия и недропользование», «Разведка и охрана недр», «Безопасность труда в промышленности» - для обсуждения актуальных проблем в сфере горного производства, доведения до специалистов сведений о новых технологиях, приборах и инструментах;

- моральное поощрение специалистов к дням геолога, маркшейдера, шахтера и нефтяников, внесших значительный вклад в обеспечение рационального и безопасного недропользования, общественными и ведомственными наградами, используя возможности Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России», Российского геологического общества и НП «СРГП «Горное дело»;
- обмен опытом, повышение квалификации, переподготовку специалистов геологических, маркшейдерских служб, служб промышленной безопасности, иных инженерных служб;
- принять меры к пополнению фонда Музея истории маркшейдерского дела приборами, инструментами, технической литературой, образцами документации, связанными с историей становления маркшейдерского дела.

4. Поручить Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России»:

- подготовить в Минприроды России предложения об исключении из ст. 48 Градостроительного кодекса Российской Федерации вопросы подготовки проектной документации объектов, связанной с использованием недрами;
- подготовить предложения по квалификационным требованиям к подрядным организациям в сфере проектирования маркшейдерских работ.

5. Поручить Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» и НП «СРГП «Горное дело» довести настоящее решение до сведения министерств и ведомств природно-ресурсного блока, горно- и нефтегазодобывающих организаций.

**Исполнительный директор
ООО «Союз маркшейдеров России»**

В.В.Грицков

В.В.Грицков

О СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОБУЧЕНИЯ В НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ**Всероссийская научно-практическая конференция
«Рациональное и безопасное недропользование»**

23.09.2014 г.

г. Ялта

Уважаемые коллеги!

Минерально-сырьевой комплекс переживает бурное научно-техническое развитие. На вызовы природы, связанные с углублением добычных работ, введением в разработку все более бедных по содержанию руд и трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья, современная цивилизация отвечает внедрением в практику горного дела новых технологий, механизмов, оборудования, приборов и инструментов. Специалисты большинства горных предприятий активно используют в своей работе программные продукты и всё усложняющиеся геоинформационные системы.

Одним из наиболее бурно развивающихся направлений является маркшейдерское дело, в котором внедряются самые современные технические достижения, включая космические технологии дистанционного зондирования Земли. Учитывая, что достоверность и точность маркшейдерских данных напрямую затрагивает государственные интересы, включая вопросы налогообложения, обеспечения безопасности населения и объектов поверхности, рациональной и безопасной разработки месторождений стратегических видов минерального сырья, эта специальность находится под опекой государства. Именно с этим связано сохранение производства маркшейдерских работ в многократно сокращённом перечне видов деятельности, подлежащем лицензированию.

В число основных лицензионных требований при производстве маркшейдерских работ включено повышение квалификации работников маркшейдерских служб не реже 1 раза в 3 года. В законодательстве об образовательной деятельности имеется аналогичное требование для остальных инженерных специальностей, но там периодичность определена не реже 1 раза в 5 лет. Укороченный цикл повышения квалификации маркшейдеров является признанием законодателем важности обновления технических знаний у представителей этой специальности.

Технический прогресс не обходит стороной и образовательную деятельность. Развитие Интернета и дистанционных методов обучения на его основе позволяет создавать образовательные комплексы непрерывного действия с использованием их как в производственной, так и в домашней обстановке. Под методическим руководством Союза маркшейдеров России сейчас осуществляется внедрение рядом организаций, имеющих сертификаты Системы добровольной сертификации в сфере производства маркшейдерских работ, образовательно-консультативных

комплексов.

Основными элементами этих комплексов являются электронные библиотеки со специальной литературой преимущественно справочного характера, предаттестационная подготовка по промышленной безопасности, периодические информационные обзоры. При работе с модулями комплексов есть возможность пользоваться услугами консультантов. Модули являются открытыми системами и по запросу пользователей могут адаптироваться под условия конкретных предприятий, пополняться литературой.

Наиболее широкие возможности для использования комплексов созданы для членов НП «СРГП «Горное дело»», которые имеют возможность на безвозмездной основе аттестовывать своих специалистов в аттестационной комиссии партнёрства, правомерность чего подтверждена разъяснением кадровой службы Ростехнадзора. Это позволяет создать законченный цикл обучения с выдачей протоколов о прохождении аттестации, поднять его качество за счёт совмещения предаттестационной подготовки с повышением квалификации. Использование методов дистанционного обучения позволяет сократить отвлечение специалистов от основных работ.

Особенно актуальна такая форма услуг для представителей малого горного бизнеса, для которых иметь свою аттестационную комиссию зачастую нереально, а записываться в аттестационные комиссии территориальных органов Ростехнадзора, территориально удалённые и перегруженные работой, не всегда удобно.

На безвозмездной основе один из комплексов внедрён в системе МИГАИКа, с рядом горных вузов и горных научных центров, ведутся аналогичные переговоры. Так более года рассматриваются предложения по бесплатному внедрению комплексов в ИПКОН РАН, РУДН, Национальном университете «Горный», МГГРУ, Иркутском техническом университете. Несмотря на техническую отсталость и косность из-за возрастного фактора профессорско-преподавательского состава вузов эту работу следует продолжить, так как все мы заинтересованы в повышении качества обучения студентов.

Налаживание обратной связи с вузами позволило бы приблизить комплексы к потребностям технической молодёжи – главных потребителей электронной информации. Пожилые специалисты имеют богатый производственный опыт, личные библиотеки технической литературы, привыкли работать с бумажными носителями информации. Здесь имеется опре-

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

делённый барьер по внедрению этих передовых информационно-обучающих систем. Тем, от кого зависит принятие решений о внедрении, он уже из-за их возраста не нужен, а кому нужен, тот из-за низкого должностного положения к принятию решений не допущен. Уверен, что совместными усилиями эти обычные для новых технологий трудности будут преодолены.

Создание комплексов достаточно трудоёмко и длительно. Работа над ними ведётся уже несколько лет. Нужно не только найти и приобрести техническую литературу, значительная часть которой стала библиографической редкостью, но и оцифровать с высоким качеством, а затем многократно электронную версию переобработать. Для удобства пользования литература структурируется по разделам, книги снабжаются оглавлением для быстрого перехода в нужную главу. Имеется возможность поиска нужной информации по ключевым словам.

Труднодоступны не только старые издания. Так ОАО «СУЭК» в последние годы в рамках серии «Библиотека горного инженера» издало более сорока книг прикладной технической направленности, но все тиражи им выкуплены и распределены между своими специалистами. Среди этих книг есть книги по маркшейдерии и геологии. Аналогична судьба иной корпоративной литературы. Допечатка изданий возможна при наличии потребностей хотя бы в несколько сотен экземпляров. На запросы отдельных специалистов, которым данная литература необходима, никто реагировать не будет. Включение таких актуальных, но редких книг в электронные библиотеки зачастую - единственный способ сделать их доступными.

Несмотря на развитие корпоративных геоинформационных систем, которые зачастую включают и разного рода библиотеки, создание на их основе аналогичных образовательных комплексов проблематично из-за архаичности и запутанности законодательства об авторских правах и связанных с этим для крупных корпораций рисков. Поэтому снятие рисков возможно только с привлечением сервисных компаний, имеющих возможность действовать используя законодательные льготы для общественных библиотек.

Союз маркшейдеров России реализует широкую программу благотворительной помощи не только горным вузам, но и ведущим горным и нефтегазодобывающим компаниям. Но средства из воздуха не появ-

ляются. Чтобы материально помочь Газпрому, Роснефти и другим уважаемым организациям, мы должны где-то заработать. Поэтому для развития комплексов остро стоит вопрос в получении ресурса, так как возможности внутренних резервов уже исчерпаны.

Пилотные проекты по внедрению комплексов сейчас внедряются на базе маркшейдерских служб, хотя в них имеются развитые модули для геологов, представителей служб промышленной безопасности и разработки месторождений. Стоимость комплексов сопоставима с затратами на подписку периодической технической литературы, но в информационном плане значительно её превосходит. По мере расширения круга пользователей увеличатся возможности по наращиванию консультационных услуг, повышению качества и периодичности информационных обзоров. Творческое участие пользователей в совершенствовании комплексов превратит их в гибкий и удобный для специалистов информационный ресурс, который можно будет использовать как в кабинете, так и на удалённых объектах.

Комплекс базируется на дистанционных методах и его следует воспринимать как составную часть более общей системы обучения, повышения квалификации и обмена опытом. Живое общение с преподавателями и коллегами в рамках конференций, семинаров и курсов ещё долгое время будет оставаться незаменимым для получения актуальной информации. Промежуточными формами между живым общением и электронными ресурсами являются видеоконференции, веб-семинары, которые в форме производственных совещаний по Интернету уже вошли в практику многих компаний.

Для придания системного характера взаимодействию Союза с горными компаниями по развитию разных форм непрерывного обучения специалистов маркшейдерских служб разворачивается работа по заключению соответствующих соглашений о взаимодействии. Первое из таких соглашений уже подписано с ОАО «СУЭК» - ведущей угольной российской корпорацией, ведутся переговоры с рядом иных вертикально-интегрированных компаний.

Внедрение современных образовательно-информационных комплексов - одно из основных направлений для поддержания квалификации специалистов горных предприятий в условиях современного научно-технического прогресса.

*Виктор Владимирович Грицков, Исполнительный директор
ООО «Союз маркшейдеров России», E-mail: smr@mwork.su*

Уважаемые коллеги!

ООО «Союз маркшейдеров России», НП «СРГП «Горное дело», Российское геологическое общество (РосГео) при участии Ростехнадзора приглашают Вас принять участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья», г. Ханты-Мансийск, которая пройдет с 10.03.2015 по 14.03.2015. Ориентировочная стоимость оргвзноса 38700 руб.

С тематикой конференции, контрольными сроками и требованиям к оформлению заявок и текстов докладов можно ознакомиться на сайте www.mwork.su, www.gorobr.ru или по тел. (495) 641-00-45.

Редакция «МВ»

75 лет Владимиру Михайловичу Калининченку



13 сентября исполнилось 75 лет профессору, заведующему кафедрой «Маркшейдерское дело и геодезия» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И.Платова Калининченку Владимиру Михайловичу.

В.М.Калинченко после окончания аспирантуры в 1967 г. работал на кафедре «Маркшейдерское дело и геодезия» в должностях ассистента, старшего преподавателя, доцента; с декабря 1987 г. по настоящее время – заведующий названной кафедры. В 1999-2004 гг. был деканом горно-геологического факультета и директором горно-геологического института.

Профессор Калининченко В.М. внес весомый вклад в развитие кафедры и факультета, подготовку высококвалифицированных специалистов, организацию и совершенствование учебного процесса, обеспечение современной материально-технической базы кафедры и факультета. Им разработаны и внедрены в учебный процесс новые учебные курсы «Управление запасами», «Планирование развития горных работ», «Автоматизация прогнозирования горно-геологических условий отработки месторождений полезных ископаемых», компьютерный тестовый контроль, современное программное обеспечение построения горно-геометрических планов и карт. На основе результатов личных научных разработок им издан в 2014 г. (в соавторстве с проф. Руденко В.В.) учебник «Геометрия недр» в трёх частях общим объёмом более 50 п.л. с грифом УМО вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела и 7 учебных пособий. Им опубликованы более 20 методических указаний к практическим и лабораторным работам. Калининченко В.М. провел большую организационную и методическую работу по открытию на кафедре, набору в 1998 г. и обучению студентов по новой специальности «Прикладная геодезия». Является членом УМО по геодезии и картографии и НТС специальности «Маркшейдерское дело».

Значителен вклад Калининченко В.М. в развитие научных исследований. Он руководит госбюджетной и договорными научными работами кафедры по проблемам математического моделирования и прогноза горно-геологических условий отработки месторождений, создания ГИС-технологий маркшейдерского обеспечения горных работ, оценки риска геодинамических явлений при эксплуатации промышленных объектов. Под его руководством был создан ряд учебно-исследовательских лабораторий, где ведутся активные исследования по вышеуказанной научной тематике студентами и преподавателями кафедры. Научные разработки внедряются в горное производство (ОАО «Гукувоуголь», шахта «Садкинская» и др.). Многократно выступал официальным оппонентом по докторским диссертациям на заседаниях диссертационного совета Д 212.128.04 при Московском государственном горном университете. Является действительным членом Российской академии естественных наук (РАЕН) и членом докторского диссертационного Совета ЮРГПУ(НПИ) Д 212.304.07.

Им опубликовано более 165 научных трудов, среди них 6 монографий (2 депонированные) и 4 брошюры. Неоднократно выступал на международных научных конгрессах и симпозиумах (ГДР, США, Украина), всесоюзных и всероссийских конференциях. В 1997–2000 гг. являлся государственным научным стипендиатом президиума РАН.

С 1989 по 1992 гг. был избран народным депутатом СССР по 274 Новочеркасскому территориальному избирательному округу; являлся членом комитета Верховного совета СССР по народному образованию и воспитанию.

За заслуги в научно-педагогической деятельности Калининченко В.М. имеет почетное звание «Заслуженный работник высшей школы РФ» (1997 г.), награжден знаком «Почетный работник высшего профессионального образования РФ» (2007 г.), отраслевыми знаками «Шахтерская слава» 3 степени (1987 г.) и «Горняцкая слава» 2 степени (2009 г.).

Коллективы ЮРГПУ(НПИ), СМР, редакция НТ и П журнала «МВ» сердечно поздравляют юбиляра, желают ему крепкого здоровья, успехов в производственной и общественной деятельности, благополучия в личной жизни.

80 лет Алле Ивановне Притчиной



10 октября исполнилось 80 лет доценту кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Южно-Российского государственного политехнического университета (Новочеркасского политехнического института), кандидату технических наук Притчиной Алле Ивановне.

После окончания Свердловского горного института в 1958 году по специальности «Маркшейдерское дело» работала на горных предприятиях Дальнего Востока и Средней Азии маркшейдером и геодезистом. С 1966 года работает на кафедре маркшейдерского дела и геодезии ЮРГПУ (НПИ). Защитила кандидатскую

диссертацию, занималась вопросами геометризации месторождений полезных ископаемых. В этой области ею опубликовано более 50 научных трудов. В настоящее время читает на кафедре курс высшей геодезии, проводит занятия со слушателями дополнительного образования и курсов повышения квалификации, является ведущим преподавателем кафедры. Проводит большую методическую работу.

В связи с 80-летием за большой вклад в развитие маркшейдерского дела, подготовку маркшейдерских кадров Алла Ивановна награждена Серебряным знаком Союза маркшейдеров России.

Коллективы ЮРГПУ(НПИ), СМР, редакция НТ и П журнала «МВ» сердечно поздравляют Аллу Ивановну с юбилеем и желают ей доброго здоровья, новых творческих успехов и большого личного счастья

