

Журнал издается 23-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:

Гальянов А.В.	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

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 20.01.2015 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

№1 (104), январь – февраль, 2015 г.

Учредители:
СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
СОЮЗ ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКОВ
ГИПРОЦВЕТМЕТ

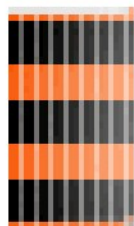
Журнал входит в перечень
ведущих научных изданий ВАК
Минобразования и науки РФ

«Памятники науки существуют вечно»

Вольтер

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

- **В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ**
- **ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**
- **ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС**
- **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ**
- **ИНФОРМАЦИЯ**



**Сердечно поздравляем читателей нашего журнала
с Днем Защитника Отечества!
Желаем отменного здоровья, успехов в труде и
личного счастья.**



Издатель, редсовет и редакция «МВ»

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
– В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ	
<i>Отчет о деятельности Центрального Совета Союза маркшейдеров России в 2014 г.</i>	5
<i>План работы Центрального Совета Союза маркшейдеров России на 2015 г.</i>	8
<i>План мероприятий к 20-летию образования ООО «Союз маркшейдеров России»</i>	9
– ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	
В.И.Ляшенко. Природоохранные технологии освоения сложноструктурных месторождений полезных ископаемых	10
Ю.Н.Куликов. Проникающая способность тампонажных растворов	16
Е.М.Попов. Исследование влияния соотношения штыбов/шламов в составе антрацитовых брикетов на их свойства	18
– ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС	
В.А.Гордеев. Маркшейдерское искусство в средневековье. Часть 1. Зарождение маркшейдерского искусства	20
Т.Б.Рогова, С.В.Карабибер. О применении методов экстраполяции при геометризации угольных месторождений	24
С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, Г.С.Курчин, Е.С.Майоров. Нормирование потерь и разубоживания при подземной добыче нерудных полезных ископаемых	28
Выстрчил М.Г. Априорная оценка погрешности внешнего ориентирования цифровых моделей, полученных наземными лазерно-сканирующими системами	31
Е.А.Нестеренко. Учет и движение запасов согласно кодексу JORC и Классификации запасов ГКЗ	37
Л.С.Сафонов, А.В.Волохов. Некоторые аспекты геометризации месторождений полезных ископаемых	41
– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ	
А.Н.Шабаров, Е.В.Гончаров, Н.В.Гусева. Геомеханические аспекты внезапных выбросов угля и газа и дегазации угольных пластов	43
В.В.Зубков, И.А.Зубкова, А.К.Бычин. Анализ методов оценки устойчивости бортов карьеров	48
В.Н.Гусев, А.Е.Журавлев. Прогноз максимальных оседаний при проходке тоннелей в устойчивых грунтах	52
С.В.Кузьмин, До Куанг Туан. Исследование влияния увлажнения на прочность вмещающих пород в горно-геологических условиях угольного месторождения в районе дельты Красной реки (Вьетнам)	56
А.С.Батугин, Юй Лицзян. Феноменологическая модель взаимосвязи процесса деформации земной поверхности и техногенной сейсмичности на шахте Хуафэн	59
– ИНФОРМАЦИЯ	62

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ



Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России»

ОКПО 00069730;
ОГРН 1037700085873;
ИНН/КПП 7703113723/770101001;

Р/счет 40703810400000000032
в ООО КБ «Лайтбанк» г. Москва;
К/счет 30101810700000000381;
БИК 044583381

107078, г. Москва, а/я 289;
(499) 263-15-55; факс (495) 641-00-45;
smr@mwork.su; www.mwork.su

ОТЧЕТ

о деятельности Центрального Совета Союза маркшейдеров России в 2014 г.

План работы Центрального Совета Союза маркшейдеров России в 2014 г. выполнен.

За отчетный период Центральным Советом СМР было проведено 6 заседаний.

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

- о ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»;

- о ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»;

- о ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Рациональное и безопасное недропользование»;

- о ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии при недропользовании»;

- о принятии новых членов в состав СМР;

- о замене печати Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России»;

- о рассмотрении проекта Плана работы ООО «Союз маркшейдеров России» на 2015 г.;

- о рассмотрении проекта Отчета о работе ООО «Союз маркшейдеров России» за 2014 г.;

- о рассмотрении проектов: Отчета об использовании имущества, Сметы расходов ООО «Союз маркшейдеров России» на 2014 г., Плана поступления финансовых средств в ООО «Союз маркшейдеров России» на 2015 г.;

- об итогах проведения ежегодных Всероссийских научно-практических конференций в 2014 г.;

- об организационно-методическом сопровождении курсов повышения квалификации по направлению «Маркшейдерское дело»;

- о награждении ведомственными наградами, почетными грамотами и благодарностями за большой вклад в маркшейдерское дело, обеспечение безопасного, рационального недропользования и охраны недр от Минприроды России, Минэнерго России, Ростехнадзора, Союза маркшейдеров России и НП «СРГП «Горное дело».

С 03 апреля по 05 апреля 2014 г. СМР было проведено выездное заседание Научно-технического совета в г.Когалыме по обсуждению проектов постановлений Правительства Российской Федерации об

утверждении Положений о подготовке, рассмотрении и согласовании планов или схем развития горных работ по видам полезных ископаемых и о подготовке и оформлении документов, удостоверяющих уточненные границы горного отвода для подготовки предложений Ростехнадзору, а также по обсуждению проекта «Квалификационных характеристик маркшейдеров» для их последующего включения в федеральные нормы и правила.

За отчетный период в соответствии с планом работы СМР при участии Российского геологического общества, Некоммерческого партнерства «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело» и НОЧУ «ЦДО «Горное образование» были проведены всероссийские научно-практические конференции:

1) с 24 по 28 февраля 2014 в г.Тюмени - «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»;

2) с 26 по 31 мая 2014 в г.Ессентуки - «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»;

3) с 22 по 27 сентября по 5 октября 2014 г. в г.Ялта - «Рациональное и безопасное недропользование»;

4) с 20 по 24 октября 2014 г. в г.Москва – «Новые технологии при недропользовании».

В работе конференций принимало участие от 80 до 130 человек, включая руководителей и ведущих специалистов маркшейдерских и геологических служб горно- и нефтегазодобывающих организаций, а также специалистов федеральных органов исполнительной власти – Минприроды России, Минюста России Ростехнадзора, Росприроднадзора и представителей научных, общественных, экспертных организаций, ведущих специализированных маркшейдерско-геодезических компаний.

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

По результатам работы конференций принимались решения, которые доводились до горной общественности и федеральных органов исполнительной власти. Обзоры конференций и их решения регулярно публикуются в журнале «Маркшейдерский вест-

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ

ник», размещаются на информационном портале «Горное дело» (www.mwork.ru), а также направляются горной общественности посредством почтовых и электронных рассылок.

В рамках конференций были проведены круглые столы на темы:

- о проекте постановления Правительства Российской Федерации об утверждении Положения о подготовке, рассмотрении и согласовании планов или схем развития горных работ по видам полезных ископаемых;

- о проекте постановления Правительства Российской Федерации об утверждении Положения о подготовке и оформлении документов, удостоверяющих уточненные границы горного отвода;

- о реализации новых законодательных требований по оформлению горноотводной документации и планов развития горных работ;

- метрологическое обеспечение маркшейдерских работ;

- о квалификационных требованиях к специалистам маркшейдерских служб;

- о ценообразовании на виды маркшейдерских работ.

В рамках круглых столов также обсуждались актуальные вопросы геолго-маркшейдерского обеспечения горных работ с ведущими специалистами Ростехнадзора, Росприроднадзора и Минприроды России.

За большой вклад в маркшейдерское дело, обеспечение рационального использования и охраны недр на конференциях ряду участников конференций были вручены ведомственные награды, почетные грамоты, благодарности Ростехнадзора, Минприроды России, Роснедр, Минэнерго России грамоты и благодарности СМР и НП «СРГП «Горное дело».

В работе конференций также принимали участие слушатели курсов повышения квалификации по ведущим горным специальностям.

В течение отчетного периода СМР осуществлялась работа по:

- упорядочению работы региональных отделений и по принятию новых членов;

- методическому руководству вопросов повышения квалификации работников маркшейдерских служб и по организации системы переподготовки по маркшейдерской специальности;

- организационному сопровождению Системы добровольной сертификации производства маркшейдерских работ. За 2014 г. было оформлено 10 сертификатов соответствия;

- расширению вида аккредитации СМР в Росаккредитации в качестве экспертной организации, привлекаемой к проведению мероприятий в части экологического надзора и производства маркшейдерских работ;

- продлению аккредитации в Минюсте России на проведение в качестве независимых экспертов антикоррупционной экспертизы нормативных правовых актов и проектов нормативных правовых актов в слу-

чаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

Члены СМР активно участвовали в обсуждении актуальных проблем маркшейдерского и горного дела на страницах специализированных органов печати, таких как «Маркшейдерский вестник», «Маркшейдерия и недропользование», в иных средствах массовой информации.

Центральный Совет и члены СМР участвовали в работе форумов, съездов и конференций, проводимых другими общественными и государственными организациями, в том числе в:

- в работе конференции «Разведка и добыча нефти: факторы устойчивого развития» (16 апреля 2014), г.Москва;

- в III Межотраслевой научно-практической конференции «Управление жизненным циклом объекта капитального строительства на основе информационного моделирования. Инвестиции. Проектирование. Строительство. Эксплуатация» (июнь), г. Москва;

- в заседаниях Комитета по промышленной безопасности РСПП, г.Москва;

- в заседаниях президиума Московского отделения Академии горных наук (МГО АГН), г.Москва;

- в заседаниях Экспертно-Консультативного Совета АГН;

- в заседаниях Президиума исполкома РОСГЕО;

- в заседаниях Межведомственного совета по переходу на принципы наилучших доступных технологий Минпромторга России;

- во Всероссийской научно-практической конференции «Передовые ГИС-технологии MapInfo 2014» (8-10 сентября 2014 г.), г.Москва-Углич;

- в Татарский нефтегазохимическом форуме – 2014 (3-5 сентября 2014 г.), г.Казань.

С 7 апреля по 6 мая 2014 г. в отношении ООО «Союз маркшейдеров России» Минюстом России была проведена плановая документальная проверка соответствия ее деятельности, в том числе по расходованию денежных средств и использованию имущества, уставным целям и законодательству Российской Федерации (распоряжение Минюста России от 14.03.2013 №438-р).

Для осуществления проверки в Министерство юстиции Российской Федерации были представлены:

- документы, подтверждающие местонахождение Организации (копии правоустанавливающих документов на помещение);

- решения высшего органа управления Организацией (протоколы, положения, справки и другие);

- решения постоянно действующего руководящего органа и иные распорядительные документы других органов управления, в том числе по утверждению финансового плана (сметы) за 2011, 2012, 2013, 2014 гг., по утверждению добровольных, вступительных и иных взносов, по утверждению численного состава работников, размеров оплаты их труда, по использованию имущества (за 2011, 2012, 2013, 2014 гг.), по использованию безвозмездного труда

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ

граждан;

- решения контрольно-ревизионной комиссии (протоколы заседаний, акты проверок и другие);

- внутренние положения с решениями утвердивших их органов; сведения о ежегодном опубликовании отчета о деятельности Организации; информацию о пожертвованиях, полученных и направленных Организацией политическим партиям, их региональным отделениям, а также в избирательные фонды, фонды референдума;

- сведения о мероприятиях (периодичность, форма проведения, место проведения и т.п.), проводимых Организацией;

- сведения о структурных подразделениях с указанием их полного наименования, местонахождения, Ф.И.О, их руководителей, контактных телефонов;

- сведения о количестве членов физических и юридических лиц - общественных объединений, состоящих на учете в Организации;

- документы по учету членов Организации;

- сведения об источниках формирования денежных средств и иного имущества; документы по использованию труда добровольцев, волонтеров; сведения о конкретных направлениях деятельности Организации, фактической деятельности по выполнению уставных целей и задач; документы по сайту Организации;

- переписку Организации с физическими и юридическими лицами по вопросам осуществления деятельности, направленной на достижение уставных целей;

- материалы об учреждении некоммерческих и коммерческих организаций, средств массовой информации;

- материалы по выпуску периодических изданий; копии штатных расписаний Организации;

- документы, подтверждающие соблюдение установленных требований в отношении лицензируемой деятельности;

- бухгалтерско-финансовые документы (сведения об источниках формирования денежных средств и иного имущества Организации, порядке расходования денежных средств), а именно:

- копии плана счетов бухгалтерского учета, учетной политики для целей бухгалтерского учета и налогообложения;

- утвержденные сметы доходов и расходов, финансовый план; оборотно-сальдовые ведомости по счетам Организации;

- карточки (анализ) счетов главной книги;

- банковские документы по всем открытым Организацией счетам (платежные поручения и иные поручения за проверяемый период, банковские выписки и т.д.);

- кассовые документы (кассовую книгу, приходные и расходные кассовые ордера, авансовые отчеты);

- приходные накладные и накладные на отпуск товаров, работ и услуг, акты приема-передачи товара;

- заключенные договора и документы об их исполнении - счета фактуры, акты; (в случае примене-

ния Организацией упрощенной системы налогообложения представляется книга учета доходов и расходов);

- информацию о пожертвованиях, полученных и направленных Организацией юридическим и физическим лицам;

- иные документы, относящиеся к финансово-хозяйственной деятельности Организации;

- иные материалы, подтверждающие деятельность по выполнению уставных целей, в том числе об участии в союзах (ассоциациях) общественных объединений.

По результатам проверки (акт проверки Минюста России от 06.05.2014) установлено, что ООО «Союз маркшейдеров России» осуществляет уставную деятельность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Незначительные нарушения, выявленные в ходе проверки, были устранены в установленном порядке и информация об их устранении была направлена в Минюст России.

СМР с 22 по 24 апреля 2014 г. участвовал в проверке в качестве экспертной организации, аккредитованной в Росаккредитации, привлекаемой к проведению мероприятий по контролю при осуществлении государственного горного надзора и государственного геологического контроля и охраны недр ООО «Уралойл» (г.Пермь) - дочернего предприятия ОАО «РИТЭК», проводимой Росприроднадзором.

За отчетный период было подготовлено и направлено в горно- и нефтегазодобывающие организации, министерства и ведомства более 300 писем.

Следует отметить, что основная часть писем связана с приглашениями горно- и нефтегазодобывающих организаций, а также представителей федеральных органов исполнительной власти (Минюст России, Минэнерго России, Минприроды России, Ростехнадзор и Росприроднадзор) и представители научных, общественных, экспертных организаций, ведущих специализированных маркшейдерско-геодезических компаний к участию в 4-х ежегодно проводимых всероссийских научно-практических конференциях.

Приказом Федеральной службы по аккредитации от 30.06.2014 №А-2431 ООО «Союз маркшейдеров России» аккредитован в качестве экспертной организации, привлекаемой к проведению мероприятий по контролю (свидетельство об аккредитации РОСС RU.0001.410306).

24.06.2014 подписано соглашение о взаимодействии и сотрудничестве между ОАО «СУЭК» и ООО «Союз маркшейдеров России» (№СУЭК-14/1063А от 04.06.2014).

Управление горного надзора Ростехнадзора письмом от 09.09.2014 №07-05-03/996 признало целесообразным осуществление взаимодействия между Ростехнадзором и ООО «Союз маркшейдеров России» без заключения соответствующего соглашения.

В течение отчетного периода были направлены ходатайства о награждении ведомственными наградами активных членов СМР Минэнерго России и Рос-

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ

технадзор. В результате этой деятельности было награждено 4 специалиста благодарностями Ростехнадзора, ведомственными наградами Минэнерго России - 12, в том числе почетным званием «Почетный нефтяник» - 3, почетными грамотами - 5, благодарностями - 4. Ведомственными наградами Минэнерго России по ходатайству НП «СРГП «Горное дело» - почетным званием «Почетный нефтяник» - 1, почетными грамотами - 5, благодарностями - 6.

Благодарностями, почетными грамотами и нагрудными знаками Союза маркшейдеров России за отчетный период награждено 57 человек, в том числе: благодарностью - 43, почетной грамотой - 9, серебряным знаком - 5. Благодарностями НП «СРГП «Горное дело» - 26 и почетной грамотой - 1.

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

СМР обеспечил методическое сопровождение книжных серий «Библиотека горного инженера» и тематики по истории горного дела журнала «Русская история».

В целях освещения деятельности СМР, горных предприятий, сервисных и общественных организаций было организовано размещение новостей на интернет-портале «Горное дело» и отправка материалов в журнал «Маркшейдерский вестник».

Под методическим руководством СМР в сертифицированные и ряд иных организаций направляются квартальные отчеты «Новости в маркшейдерии».

При СМР на базе НОЧУ «ЦДО «Горное образование» действует «Музей маркшейдерского дела», продолжается сбор экспонатов и каталогизация подготовлен и размещен электронный вариант музея в интернете.

Президент

ООО «Союз маркшейдеров России»

В.С.Зимич

Утверждено Центральным Советом Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России», протокол заседания от 18.12.2014 №6

ПЛАН РАБОТЫ

Центрального Совета Союза маркшейдеров России на 2015 год

№ п/п	Наименование мероприятий	Срок исполнения (месяц)	Исполнители	Итоговые документы, результаты
1.	Осуществление организационной деятельности			
1.1.	Заседания ЦС СМР по вопросам			
1.1.1.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья».	март	Грицков В.В.	Протокол заседания
	О ходе подготовки к 20-летию Союза маркшейдеров России		Зимич В.С.	
1.1.2.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»	май	Пасенченко И.Л.	Протокол заседания
1.1.3.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Рациональное и безопасное недропользование»	сентябрь	Емельянов Ю.А.	Протокол заседания
1.1.4.	О ходе подготовки к Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии при недропользовании»	октябрь	Зимич В.С.	Протокол заседания
1.1.5.	Обсуждение проектов, отчета за 2015 г. и плана работы на 2016 г.	декабрь	Грицков В.В.	Протокол заседания
1.2.	Рассмотрение и подготовка замечаний и предложений по проектам нормативных и законодательных актов в области маркшейдерского дела и недропользования	в течение года	Зимич В.С.	Замечания и предложения
1.3.	Организационно-методическое сопровождение курсов повышения квалификации по направлению «Маркшейдерское дело»	в течение года	Зимич В.С.	Организационно-методические документы
1.4.	Подготовка предложений по награждению благодарностями и почетными грамотами Союза маркшейдеров России специалистов маркшейдерских служб к 20-летию Союза маркшейдеров России и профессиональным праздникам: «День маркшейдера», «День шахтера», «День работников нефтяной и газовой промышленности», «День геолога»	в течение года	Грицков В.В.	Организационно-распорядительные документы

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

№ п/п	Наименование мероприятий	Срок исполнения (месяц)	Исполнители	Итоговые документы, результаты
2.	Проведение конференций и семинаров			
2.1.	Участие в Научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья» (г.Ханты-Мансийск)	март	Пасенченко И.Л.	Информационно-организационные документы
2.2.	Участие в Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр» (г.Ессентуки)	май	Пасенченко И.Л.	Информационно-организационные документы
2.3.	Участие в Всероссийской научно-практической конференции «Рациональное и безопасное недропользование» (г.Ялта)	сентябрь	Пасенченко И.Л.	Информационно-организационные документы
2.4.	Проведение Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии при недропользовании» (г.Москва). Проведение юбилейных мероприятий в честь 20-летия Союза маркшейдеров России по отдельному плану.	октябрь	Зимич В.С.	Решение
3.	Сертификация и экспертиза			
3.1.	Организационное сопровождение Системы добровольной сертификации производства маркшейдерских работ	в течение года	Грицков В.В.	Свидетельства о сертификации
3.2.	Организация экспертиз по вопросам производства маркшейдерских работ и охраны недр	в течение года	Иофис М.А.	Заключения экспертиз

Исполнительный директор
ООО «Союз маркшейдеров России»



В.В. Грицков

Утверждено Центральным Советом Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России», протокол заседания от 18.12.2014 № 6

ПЛАН

мероприятий к 20-летию образования ООО «Союз маркшейдеров России»

1. Включить в программу научно-практических конференций тематику, посвященную 20-летию ООО «Союз маркшейдеров России».
2. Просить редакцию журнала «Маркшейдерский вестник» опубликовать в 2015 г. материалы по истории Союза маркшейдеров России.
3. Предложить членам ООО «Союз маркшейдеров России» принять активное участие в реализации юбилейных мероприятий.
4. Изготовить памятный знак «20 лет СМР» для вручения членам ООО «Союз маркшейдеров России» по состоянию на 1 мая 2015 г.
5. Просить Ростехнадзор, Минприроды России, Минэнерго России и другие государственные органы и вертикально-интегрированные компании о награждении специалистов маркшейдерских служб ведомственными и корпоративными наградами в честь юбилея ООО «Союз маркшейдеров России».
6. Обратиться в Правительство Российской Федерации об учреждении на государственном уровне «Дня маркшейдера».
7. Рассмотреть вопрос о присуждении лицам, внесшим наибольший вклад в становление и развитие ООО «Союз маркшейдеров России» званий «Почетный член СМР».
8. В течение 2015 года подготовить и издать информационные материалы по истории Союза маркшейдеров России.
9. Предложить региональным отделениям Союза маркшейдеров России провести на местах мероприятия, посвященные 20-летию Союза маркшейдеров России.

Исполнительный директор
ООО «Союз маркшейдеров России»



В.В. Грицков

УДК 622.272: 553.63:622.349.5

В.И.Ляшенко

ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ¹⁾

Приведены основные научные и практические результаты по созданию и развитию природоохранных инновационных, сейсмобезопасных технологий и технических средств освоения сложноструктурных месторождений полезных ископаемых. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** природоохранные технологии; технические средства; месторождения; окружающая среда; безопасность жизнедеятельности.



Развитие природоохранных технологий и технических средств обращения с отходами уранового производства²⁾. Актуальность проблемы.

При добыче урана подземным способом широко применяют системы разработки залежей с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Затраты на закладочные работы в себестоимости добычи руды составляют 11–13%, при этом на долю вяжущего приходится 40–60% затрат на производство закладочного материала [1]. Одновременно традиционные технологии подземной добычи и гидрометаллургической переработки урановых руд сопровождаются образованием на поверхности экологически опасных техногенных скоплений отходов производства в виде отвалов вмещающих горных пород и хвостохранилищ гидрометаллургических заводов (ГМЗ) [2–4]. Поэтому развитие природоохранных технологий и технических средств обращения с отходами уранового производства на основе снижения их затрат, повышения интенсификации выпуска руды и закладочных процессов, обоснования сейсмобезопасных параметров буровзрывных работ, рациональных составов твердеющих смесей, создания подземного рудообогатительного участка (РОУ) в системе дробильно-бункерного комплекса, а также переработки отвалов урановой промышленности на передвижных модульных установках, учета сохранности жилой застройки и социального фактора населения, проживающего в бывающих регионах, – вот те важные, имеющие научное и практическое значение задачи, требующие неотложного решения.

Ниже приведены основные научные и практические результаты, полученные по результатам многолетних исследований ОАО «ВНИПИпромтехнологии» (г.Москва), ГП «УкрНИПИИпромтехнологии» (г.Желтые Воды), ГП «НИГРИ» (г.Кривой Рог), ВНИМИ (г.Санкт-Петербург) при содействии специалистов ГП «ВостГОК» (Украина), выполненных в 1970–2013 гг., а также с учетом передового опыта применения камерных систем с закладкой на Криворожском и Запорожском железорудных комбинатах (Украина) и за рубежом, в рамках научно-исследовательских тем (научные руководители – В.И.Ляшенко и Е.П.Чистяков): «Исследование напряженного состояния горного массива, склонного к проявлениям горного давления, оценка устойчивости камер и обоснование их безопасных параметров на шахтах ГП «ВостГОК» (№ГР0105U001957); «Разработка инструкции по оперативному контролю и прогноз напряженного состояния горных массивов на шахтах «Ингульская» и «Смолинская» ГП «Восточный горно-обогатительный комбинат» (№ГР0109U007013), а также по материалам докладов с участием автора на 12-й международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», организованной Университетом Занджана (Иран) и Российским университетом дружбы народов (Россия), Иран, 16–20 сентября 2013 г.

Обсуждение и оценка полученных результатов. Специфической способностью отходов уранового производства является радонотделение, что требует разработ-

ки и создания технологий и технологических средств радиационно-безопасного обращения с утилизируемыми отходами. Стационарные поверхностные закладочные комплексы шахт ГП «ВостГОК» (Украина) производительность 500 тыс.м³ гидросмеси в год позволяют использовать в качестве твердого дробленые до крупности 15 мм горные породы, шлак и песок.

В качестве компонентов твердеющей закладочной смеси исследованы также хвосты кучного выщелачивания (30–50% от общего объема смеси при расходе шлака 150 кг/м³) хвосты гидрометаллургического передела, шахтные воды, золы и сточные воды ТЭЦ. Нами проведены лабораторные исследования свойств закладочных смесей с использованием хвостов первичной переработки урановых руд на ГМЗ, шлаковых и цементных вяжущих для заполнения выработанного пространства урановых шахт. Испытано 49 составов закладочных смесей, в том числе 9 – с вяжущим цементом и заполнителем (нейтрализованные хвосты ГМЗ) крупностью помола 58% класса –0,074 мм, удельным весом 2,46–2,9 т/м³, плотностью 1,6–1,65 т/м³, влажностью 20–25%. Нейтрализованные хвосты с pH=7–8 отбирали с пляжа хвостохранилища, а не нейтрализованные (pH=3) – непосредственно на ГМЗ из пачука сорбции. Воду применяли как техническую, так и хозяйственную. Изучены дозирование мелкодисперсных влажных материалов, прочностные и фильтрационные свойства искусственного массива, а также радонотделение. Прочностные характеристики смесей определяли по кубикам, изготовленным из смеси в специальных формах, и по образцам из искусственного массива. Всего испытано 231 образец с соотношением вяжущего и заполнителя от 1:3 до 1:30 (от 60 до 350 кг/м³ вяжущего) в смеси. Образцы выдерживали при влажности 100% и естественной температуре от –18 до +30°C и испытывали в возрасте 6 и 12 месяцев [2–4].

Исследования физико-механических свойств, химического и минералогического составов местных материалов показали, что прилегающие к территориям горных предприятий рыхлые отложения представлены суглинками с модулем крупности $M=0,2–0,4$ и содержанием глинистых и пылеватых частиц от 30 до 80%, на отдельных участках – с включениями органических примесей, превышающими требования ГОСТ 8735-75. Дисперсный состав отложений характеризует их как пески очень низкого качества, имеющие высокое водопоглощение и снижающие прочность твердеющей закладки.

Из минералов в рыхлых отложениях преобладают кристаллический кварц (47–79%) и гидрослюда с каолинитом (13–36%), входящие в состав глинистого вещества. Органические примеси представлены обломками бурого угля (до 5%). Все присутствующие в отложениях минералы относятся к устойчивым образованиям и могут служить заполнителем для твердеющей закладочной смеси. Хвосты ГМЗ имеют высокую дисперсность ($M=0,022–0,08$) и содержат меньше пылевых частиц, чем суглинки. Из химических соединений в хвостах преобладает кремнезем (50–60%); CaO, Al₂O₃ и другие окислы составляют 1–10%. Они также устойчивы и могут выполнять роль заполнителя в твердеющей закладочной смеси. Вмещающие горные породы и забалансовые руды представлены гранитами, гнейсами,

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

альбититами. Хвосты кучного выщелачивания – это дробленый до крупности –15 мм материал с влажностью после выщелачивания 10-12% и кислотностью pH=2,8-3,0. Во влаге содержится до 140 г/л сульфат-ионов. Интересен опыт использования отходов горного производства для закладочных работ в шахте «Ольховская» (г.Желтые Воды). При бесцеликовой выемке руды разрабатываемый участок рудной залежи разделяют на первичные и вторичные камеры. После выпуска руды из первичных камер осуществляли их заполнение (закладку) горной массы от проведения полевых выработок. Из общего объема пустот 130 тыс.м³ сыпучей массы было заложено 65 тыс.м³. Для оценки эманулирующей способности сыпучей закладки пустот урансодержащими отходами горного производства в реальном масштабе времени изменения их усадочной способности, в течение года были проведены измерения эксхалляции радона из восстающего высотой 70 м, сечением 3,4×3,4 м, заполненного твердыми отходами добычи урановых руд. При этом установлено снижение удельного радонвыделения на 20%. На основе проведенных исследований установлено:

- образцы закладочных гидросмесей с применением хвостов ГМЗ набирают в течение 6 месяцев твердения необходимую прочность массива закладки;

- закладочные смеси, где вяжущим является молотый шлак, а заполнителем дробленая порода, или нейтрализованные хвосты ГМЗ, или дробленая порода с кислыми хвостами образцы, по истечению 6 месяцев не набирают нормативной прочности; такие составы смесей требуют дальнейших исследований характеристик и свойств с учетом химических реакций активных компонентов;

- коэффициент эманулирования цементно-хвостовых закладочных смесей изменяется от 11 до 18%, а хвостового материала ГМЗ - от 15 до 17%; при этом закономерного его изменения в зависимости от рецептуры не установлено. Эманулирующая способность хвостов ГМЗ составляет 1,13 Бк/г, а образцов закладки на их основе - 1,01 Бк/г;

- расчетное значение дебита радона из твердеющего массива на основе цементно-хвостовой закладки сопоставимо с выделением его из естественного горного массива;

- численное значение коэффициента фильтрации закладочных смесей находится в интервале $(1,0-1,8) \cdot 10^{-4}$ см/с, что характеризует его как слабопроницаемый материал;

- усредненные значения коэффициентов выщелачивания урана из закладочных смесей изменяются в интервале $(1,3-3,4) \cdot 10^{-4}$ отн.ед., а радия - $6,9 \cdot 10^{-6}$ отн.ед.;

- материалы закладочной смеси на основе хвостов первичной переработки урановых руд относятся к технологично усиленным источникам ионизирующего излучения природного происхождения;

- для контроля надежности захоронения (утилизации) отходов добычи и первичной переработки урановых руд в составе твердеющей закладки необходимо проводить постоянный радиационный мониторинг миграции радионуклидов в окружающую воздушную и водную среду.

Эффективность горной технологии определяется при сравнении вариантов разработки с учетом затрат на всех переделах и защиту населения, проживающего в зоне влияния горных объектов (Z_n) по критерию сохранности земной поверхности описывается аналитической моделью согласно формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n \left[(C_{\partial p} - C_{\partial p} \pm (Y + Z_n)) \right] \frac{1}{1 + E^{i-1}} \cong \max,$$

где $C_{\partial p}$ – суммарная извлекаемая ценность конечной продукции из металлосодержащих руд, ден. ед.; $C_{\partial p}$ – суммарные затраты на добычу и получение конечной продукции, ден. ед.; Y – суммарный ущерб, наносимый (-) окружающей среде или предотвращаемый (+) с учетом затрат на защиту населения, проживающего в зоне влияния горных предприятий (Z_n), ден. ед.; E – коэффициент дисконтирования затрат и

прибыли во времени t применения оцениваемой технологии, доли ед.

По результатам многолетних исследований под научным руководством автора составлены инструкция по оперативному контролю и прогнозу напряженно-деформированного состояния массивов горных пород и руд, а также по обоснованию безопасного ведения горных работ и порядка отработки рудных залежей на шахтах. В них изложены методы оперативного контроля и прогноза напряженного состояния массивов горных пород и руд на шахтах до глубины 1000 м при отработке урановых месторождений камерными системами разработки с закладкой выработанного пространства. Даны критерии оценки интенсивности и механизмов проявления горного давления в зависимости от уровня напряженного состояния массива и деформационной характеристики пород. Описаны условия безопасного ведения горных работ, порядок определения размеров опасных зон и хрупкого разрушения горных пород, склонных к динамическому проявлению горного давления различных форм. Даны мероприятия по безопасному ведению горных работ и снижению динамического проявления горного давления различных форм, включая сейсмо-безопасные массы зарядов и их влияние на безопасное ведение горных работ в интервале глубин 300–1000 м.

Таким образом, экологическая безопасность разработки сложноструктурных месторождений достигается за счет ведения комплексных методов измерений напряженного состояния массива горных пород и геомеханического мониторинга, который осуществляется посредством звукометрических и маркшейдерских приборов, струнных тензометров, глубинных реперов, оптических приборов, электрических цепей, смонтированных в скважинах на контролируемом участке, визуальными и косвенными методами по признакам и критериям водоопасности и удельной минерализации шахтных вод, нашедших применение при подземной разработке приповерхностных запасов подречного целика реки Ингул (Украина) Мичуринского месторождения в интервале глубин от 40–50 м до 150–200 м [5-7].

Инновационные технологии и технические средства подземной разработки урановых месторождений Украины³. Традиционные технологии подземной добычи и гидрометаллургической переработки урановых руд сопровождаются образованием на поверхности экологически опасных техногенных отходов в виде отвалов вмещающих горных пород и забалансовых по содержанию полезного компонента руд, а также хвостохранилищ ГМЗ. Урановая промышленность Украины сосредоточена в основном в Днепропетровской и Кировоградской областях и представлена тремя действующими шахтами ГП «ВостГОК» («Ингульская», «Смолинская» и «Новокозачинская»). Современная технология добычи урановых рудных залежей включает буровзрывную отбойку руды в блоках, доставку отбитой руды к дробильно-бункерному комплексу (ДБК) и выдачу руды скиповым подъемом на поверхностный РОУ, где руда на радиометрических сепараторах сортируется на основную руду и забалансовую. После этого основная руда доставляется на ГМЗ или участок кучного выщелачивания (КВ) для дальнейшего передела, а забалансовая – складывается в отвалах, занимая большие территории плодородных земель.

На шахте «Новокозачинская» ГП «ВостГОК» проектом предусматривается рациональное расположение подземного РОУ и движение грузопотоков отбитой горной массы к данному участку и на дневную поверхность. В соответствии с технологической схемой исходная руда из опрокида поступает на питатель-грохот, крупные куски отсеиваются и направляются в дробилку, а куски крупностью -200+90 мм поступают на радиометрический сепаратор, где отбивается «руда» и «не руда». Отбитая руда направляется в рудную емкость, а «не руда» подается на питатель-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

грохот и далее на рентгено-радиометрический сепаратор. Раздробленные крупные куски поступают на грохочение и промывку, после чего руда крупностью $-90+40$ мм направляется на радиометрический сепаратор, а класс $-40+5$ мм поступает на рентгенорадиометрический сепаратор. На него также поступает «не руда» класса $-90+40$ мм, полученная после радиометрического сепаратора. На рентгенорадиометрическом сепараторе доизвлекается рудный материал и направляется в рудную емкость, а отбитая бедная руда поступает в емкость для забалансовой руды. Из рудной емкости материал выдается на поверхность шахты и отправляется на ГМЗ, а забалансовая руда доставляется в подземные отработанные камеры для последующего извлечения урана технологиями выщелачивания [8].

Для улучшения экологической ситуации на территории действующих урановых шахт разработан и внедрен в производство комплекс «Алтаит» (фото 1), который предназначен для переработки отвалов урановой промышленности на модульных установках, размещаемых в непосредственной близости от отвалов [9]. Он состоит из поточно-транспортирующей системы, модулей приемно-сортировочного, узла приема «хвостов», сепаратора АЛУНИТ (фото 2), сепаратора АЛЬБИТ, энергообеспече-

ния и управления комплексом и оборудования нестандартного. Поточно-транспортирующая система предназначена для подачи руды на модуль приемно-сортировочный, модули сепараторов, узел приемный и разгрузки продуктов сортировки к местам сбора и дальнейшего их использования. Модуль приемно-сортировочный предназначен для классификации отвалов на классы крупности: $0-40$ мм, $+40$ мм -90 мм, $+90$ мм -300 мм и $+300$ мм. Классы крупности $+40$ мм -90 мм и $+90$ мм -300 мм подаются на соответствующие модули сепараторов. Класс крупности $+300$ мм дроблится и возвращается на модуль приемно-сортировочный. Классы крупности $0-40$ мм используется в качестве наполнителя для твердеющей закладки выработанного пространства в шахте. В узле приемном накапливаются и загружаются в автотранспорт «чистые хвосты». Модули сепараторов предназначены для получения дополнительно товарной руды, выделения промпродукта для кучного выщелачивания с утилизацией его отходов для твердеющей закладки, и щебня, пригодного для дорожного и промышленного строительства. Оборудование нестандартное состоит из площадок для обслуживающего персонала. Технические характеристики комплексов и сепараторов приведены в табл.1.



Фото 1. Комплекс АЛТАИТ «Смолинской шахты» пгт. Смолино, Украина для переработки отвалов урановой промышленности на модульных установках (общий вид)

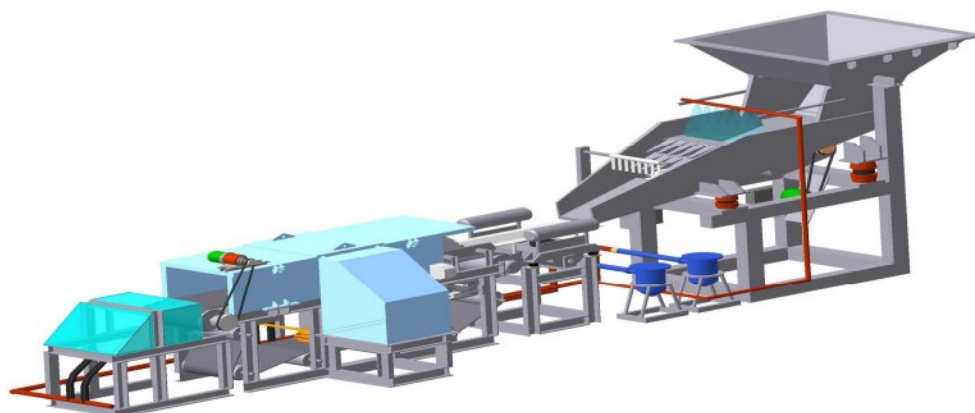


Рис.2. Сепаратор «Алунит» для покусковой сортировки урановых руд (общий вид)

Таблица 1

Технические характеристики комплексов и сепараторов Комплекс «Алтаит»

Производительность комплекса, т/ч	60±5
Класс крупности кусков руды, мм:	
- покусковая сортировка	плюс 90 минус 300
- покусковая сортировка	плюс 40 минус 90
Количество продуктов сортировки	3
Максимальный расход сжатого воздуха, м³/мин	20
Давление в сети сжатого воздуха, МПа	0,63±0,1
Максимальный расход воды, м³/ч	7
Питание от сети переменного тока напряжением, В	380
Установленная мощность, кВт	220
Режим работы, смен	3

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Сепаратор «Алунит»

Количество каналов сортировки	1
Количество продуктов сортировки	3
Производительность сепаратора при средней массе куска 2,5 кг, кусков в с (т/час)	2-3 (12-16)
Эффективность выделения «хвостов» при массовой доле урана в исходной руде не более 0,1%, показателе контрастности не менее 1,1 и массовой доле урана в «хвостах» не более 0,01%, не менее	0,9
Максимальный расход сжатого воздуха на одну тонну отбитых кусков, м ³ /т (м ³ /мин)	35 (5)
Потребляемая мощность, кВт	8
Габаритные размеры, мм	8 700×1 800×3 100
Масса, кг	8 000

Сепаратор «Лаурит Р40»

Энергетический диапазон регистрации гамма-излучения узлом радиометрическим УИР-650, Дж (кэВ), не менее	(32-480)·10 ⁻¹⁶ (200-3000)
Диапазон измерения потока импульсных сигналов блоком детектирования при преобразовании потока гамма-излучения, с ⁻¹ , не менее	0 - 30000
Количество узлов радиометрических, шт.	4
Допустимый угол наклона конвейера, градус, не более	20
Ширина ленты конвейера, мм	650*
Скорость движения ленты конвейера, м/с	0,4*
Предел колебания погонной нагрузки, %, не более	30 - 100
Производительность, т/час	40*
Крупность транспортируемого материала, мм, не более	90*
Давление сжатого воздуха в сети управления узла разделения, МПа	0,63
Относительная основная погрешность сепаратора при измерении массы руды, перемещенной конвейером в пределах 1000 т, %, не более	3
Относительная основная погрешность сепаратора при измерении количества полезного компонента в рудной массе, перемещенной конвейером в пределах 1000 т, %, не более	10
Питание от сети переменного тока частотой (50±0,5) Гц, напряжением, В	198 - 253
Потребляемая мощность сепаратора, ВА, не более	510
Габаритные размеры составляющих частей сепаратора, мм, не более:	
- узел измерения радиометрический УИР-650	1600×1400×1600
- платформа весоизмерительная ВПЗ-650	1600×1550×500
- узел разделения	3000×3624×2870
Масса составляющих частей сепаратора, кг, не более	
- узел измерения радиометрический УИР-650	2700
- платформа весоизмерительная ВПЗ-650	300
- узел разделения	2985
Степень защиты по ГОСТ 14254:	
- блок питания БНН-92Д и платформа весоизмерительная ВПЗ-650	IP 55
- блок детектирования БДЛГ-31Д	IP 57
- регистратор РК-01Д	IP 51

Сепаратор «Альбит Р 90»

Количество каналов сортировки, штук	2
Количество продуктов сортировки на каждом канале, штук	3
Класс крупности кусков руды, подаваемых на сепаратор, мм	плюс 40 минус 90
Производительность сепаратора, кусков в секунду (т/час)	6-10 (8-10)
Средняя масса куска, кг	0/35
Скорость движения ленты (кусков руды), м/с	1,2
Питание - переменный ток частотой (50±1,0) Гц напряжением, В	380
Давление в сети сжатого воздуха, МПа	0,63±0,1
Потребляемая мощность, кВт, не более	9
Габаритные размеры, мм, не	5900×1600×2100
Площадь, занимаемая сепаратором, м ²	10
Масса, кг	4700

Прогноз дебита радона в подземные горные выработки. Рудные тела НовоCONSTANTINOVСКОГО месторождения будут обрабатываться преимущественно камерными системами разработки с отбойкой руды из подэтажных штреков (ортов) с заполнением выработанного пространства. При всасывающем способе проветривания шахты в вентиляционном коллекторе возникает высокий уровень

разрежения воздуха. Это обеспечивает отсос загрязненного радоном воздуха из камер, находящихся в процессе очистной выемки и погашаемых закладкой либо забалансовой рудой. Особенно мощным источником выделения радона являются отработанные очистные блоки при подземном выщелачивании. Следовательно, тщательная изоляция отработанных участков при подземном выщелачивании ста-

нет важной задачей радиационной защиты.

Сейсмобезопасные технологии и технические средства подземной разработки урановых месторождений⁴⁾. Одной из проблем подземной разработки месторождения урана в Украине является сейсмическое воздействие массовых взрывов на застройки селитебной территории [10,11]. Во избежание потерь производительности и объемов горных работ проведен комплекс исследований (руководитель темы В.И.Ляшенко) интенсивности сейсмических колебаний зданий поселка Большая Балка г.Кировограда при проведении массовых взрывов в границах горного отвода шахт ГП «ВостГОК» (Украина). Исследования проводили с использованием современного цифрового сейсмографа Blast Mate Series III (производство Канада) с обработкой и анализом материалов с помощью специальной компьютерной программы Blast Ware.

Охраняемые на дневной поверхности объекты поселка Большая Балка представлены преимущественно жилыми одноэтажными зданиями, возведенными на ленточных фундаментах из бутобетона. Наружные стены сложены из керамического или силикатного кирпича. Значительная часть зданий сложена из саманного кирпича, обложенного керамическим либо силикатным. Обследование зданий показало, что большинство из них имеют нарушения, с которыми необходимо считаться при производстве взрывных работ. При этом приходится учитывать социальный фактор и ориентироваться на наиболее ослабленные трещинами здания. Сложность производства массовых взрывов под селитебной территорией обусловлена одновременным влиянием целого ряда факторов. Во-первых, технология подземной добычи урановых руд требует подготовки больших объемов отбитой рудной массы при высоком качестве ее взрывного дробления, что обуславливает необходимость производства мощных взрывов с массой зарядов ВВ до 1000 кг и более, а на интервал замедления – от 90 до 370 кг. Во-вторых, целостность объектов застройки должна обеспечиваться на весь период разработки месторождения при значительных изменениях горно-геологических условий по мере углубления очистных работ. В-третьих, показанное выше разнообразие конструкций охраняемых зданий, мест и инженерно-геологических условий их размещения, а также условий и качества эксплуатации жилых и социальных объектов затрудняет получение «усредненной» оценки сейсмического воздействия массовых взрывов как в пространстве, так и во времени.

Таблица 2

Сейсмометрический отчет массового взрыва эксплуатационного блока

Показатель	Вид сейсмических колебаний		
	Поперечные	Вертикальные	Продольные
Скорость смещения грунта, мм/с	3,43	1,90	1,71
Частота, Гц	49,00	73,00	54,00
Время смещения грунта, с	0,139	0,061	0,094
Максимальное ускорение грунта, мм/с ²	0,1290	0,0994	0,0630

Примечание. Результирующее значение скорости смещения грунта в наблюдаемой точке v определено согласно выражения:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$
 где v_x, v_y, v_z – составляющие скорости смещения грунта по осям X, Y, Z, мм/с. Максимальная результирующая скорость смещения грунта составляет –3,47 мм/с.

Нами установлено, что скорость колебаний за экраном снижается в 2–4 раза, что позволяет увеличить сейсмобезопасную массу заряда в 4–9 раз. Формирование экранирующей зоны является обязательным условием веде-

ния взрывных работ, если в тыльной стороне очистного блока располагаются ветхие здания. Оптимальное соотношение указанных факторов, обеспечивающее долговременную сейсмостойчивость охраняемых объектов и одновременно эффективность разработки месторождения может быть достигнуто при системном проведении специальных исследований и сейсмического мониторинга [12-14]. Протоколы регистрации малых значений сейсмических колебаний, получаемые через несколько секунд (графики и таблицы), позволяли в полевых условиях делать экспресс-анализ промышленных взрывов и оперативно доводить результаты до специалистов горного предприятия и органов местного самоуправления (табл.2).

Выводы

1. Установлены особенности проявления горного давления в скальных массивах сложного строения, обусловленные интенсивностью разрывных структур (акустическая жесткость от 0,11 до 0,18 МПа/с, коэффициент удароопасности – 0,98). Определены условия проявления остаточной несущей способности нарушенных пород и перевода геоматериалов в режим объемного сжатия (в зоне нарушенных пород коэффициент ослабления снижается до 0,04...0,15 с первоначальной величины 0,25-0,35). Горизонтальные напряжения в массивах в 5 раз превышают вертикальные, что подтверждает интенсивную тектонику урановых месторождений.

2. Доказано, что комплексное повышение эффективности всех технологических процессов горного производства, включающих рациональные схемы вскрытия (многоэтажное вскрытие с шагом 240 м), подготовки и нарезки эксплуатационных блоков (спиральными съездами на 3-5 блоков), увеличение высоты этажа с 60 до 90 м, позволило повысить интенсивность отработки месторождений в 1,3-1,5 раза, производительность труда по системе разработки – в 2,2 раза, увеличить до 40-45% использование технических ресурсов и снизить трудовые затраты до 20-22%.

3. Обосновано, что повышение интенсивности работ позволяет снизить нормативную прочность твердеющей закладки с 8,5 до 3,5 МПа, в 1,5-2 раза, сократить расходы вяжущего, использовать низкосортные пески и отходы горно-металлургического производства. Оптимальная крупность пород, с учетом затрат на дробление, трубопроводный транспорт и плотности укладки в отработанных камерах, рекомендована в пределах 25-35 мм. Оптимальная тонкость помола шлака составляет 50-60% частиц крупностью 0,074 мм. В результате частично решена проблема дефицита инертных заполнителей и на 30-50% снижена себестоимость закладочных работ.

4. Обогащение отбитой горной массы в подземном РОУ позволит получить около 40% отсортированной руды забалансовой по содержанию полезного компонента руды и пустой породы, без выдачи их на поверхность, для заполнения отработанных камер и последующего выщелачивания, либо использоваться для подсыпки шахтных автодорог и рельсовых путей.

5. Рекомендована технология производства подземных взрывов, которая обеспечила уровень сейсмобезопасной скорости смещения грунта до 0,4 см/с, сохранность ветхих зданий жилой застройки и комфортное проживание населения в зоне ведения взрывных работ.

6. Установлена зависимость скорости смещения горных массивов от количества ВВ на одно замедление и от расстояния между взрывом и защищаемым объектом для отработки запасов рудных залежей, расположенных ниже гор. 330 м.

7. Разработана математическая модель, при которой коэффициент частоты связи между исследуемым фактором и показателем составляет $r=0,86$. С вероятностью 95% можно утверждать, что полученная модель адекватно отражает исходные данные.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

8. Предложена эмпирическая зависимость для определения допустимого значения массы заряда ВВ на одно замедление (y) с учетом допустимой скорости смещения грунта 0,4 см/с и расстояния между взрывом и защищаемыми объектами (x), а также сохранности ветхих зданий, вида $y=a \cdot x^2$ (a - коэффициент, зависящий от сейсмоакустических свойств горного массива и условий взрывания) для отработки запасов рудных залежей, расположенных выше гор. 330 м.

Заключение

Разработка и опыт применения технологий и технических средств использования (утилизации) отходов горного и обогащательного производств в составе твердеющих закладочных смесей позволяет оценить перспективу их развития при подземной разработке сложноструктурных месторождений. Учитывая многообразие, сложность и капиталоемкость решения проблем охраны окружающей среды и человека, представляется необходимым ускорить создание методических основ оптимизации горной технологии, систем автоматизированного проектирования и планирования горных работ, акцентированных на повышение промышленной и экологической безопасности горнопромышленных комплексов.

Ограничения сейсмического воздействия массовых взрывов на охраняемые селитебные территории в соответствии с новыми нормативами [10], системный мониторинг сейсмической ситуации с оперативным получением данных и информированием населения и администрации поселка Большая Балка, а также применение технологических способов снижения сейсмического воздействия массовых взрывов позволили урегулировать конфликты, согласовать интересы горнорудного предприятия и жителей, снять социальную и психологическую напряженность в районе подземной добычи урановых руд [11-14].

Подземный РОУ и эксплуатационные блоки с подземным выщелачиванием руды - дополнительный источник радоновыделения в шахте. Для его снижения в действующие выработки проветривания шахтного поля следует осуществлять с использованием вентиляционных коллекторов, а расчет количества воздуха для проветривания рабочих участков шахты производить с учетом пылеобразования и радоновыделения на подземном РОУ. Использование комплекса «Алтаит» и др. на Смолинской шахте ГП «ВостГОК» позволяет существенно ликвидировать имеющиеся отвалы горных пород, получить дополнительно урановую руду, пригодную для первичной переработки на ГМЗ, а также улучшить экологическую и социальную обстановку региона. Аналогичный комплекс монтируется на Ингульской шахте ГП «ВостГОК».

В последнее время находят применение новые автоматизированные комплексные геоинформационные системы управления горными работами и ресурсами на основе систем K-MINE® и КСУП KAI®, целью которых является создание единого информационного массива геопространственных данных для возможности автоматизации процес-

сов съемки, проектирования и планирования горных работ и адаптации ее для урановых месторождений Украины. Для адаптации и внедрения автоматизированной комплексной технологии управления горными работами и ресурсами при разработке урановых месторождений Украины (эксплуатируемых и вновь вводимых) новой геоинформационной системы на основе ГИС K-MINE® и КСУП KAI®, необходимо предусмотреть средства для решения вышеуказанных задач.

Литература

1. Ляшенко В.И. Совершенствование природоохранных технологий и технических средств для горнорудной промышленности при разработке урановых месторождений // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2008. - № 4. - С. 92-96.
2. Ляшенко В.И., Дудченко А.Х., Ткаченко А.А. Научно-технические основы природоохранных технологий подземной разработки урановых месторождений // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. - 2008. - № 4. - С. 34-42.
3. Ляшенко В.И., Дядечкин Н.И. Определение параметров технологии подземной разработки урановых месторождений // *Горный журнал*. - 2009. - № 10. - С. 55-58.
4. Добыча и переработка урановых руд. Монография. Под общей редакцией А.П.Чернова. Киев. «Адеф-Украина». 2001. 238 с.
5. Геомеханический мониторинг массива горных пород при подземной разработке месторождений сложной структуры / В.И.Ляшенко, С.И.Скипочка, А.А.Яланский и др. // *Цветная металлургия*. - 2011. - № 9. - С. 3-15.
6. Эффективное приборно-методическое обеспечение геомеханической безопасности горных работ / В.И.Ляшенко, С.И.Скипочка, А.А.Яланский и др. // *Черная металлургия*. - 2012. - № 5. - С. 23-31.
7. Безопасности горных работ - надежное геомеханическое и приборное обеспечение / В.И.Ляшенко, С.И.Скипочка, А.А.Яланский и др. // *Безопасность труда в промышленности*. - 2012. - № 9. - С. 68-77.
8. Совершенствование технологии радиометрического обогащения урановых руд. В.Г.Литвиненко, Р.А.Суханов, А.В.Тирский и др. // *Горный журнал*. - 2008. - № 8. - С. 54-58.
9. Современные технологии и оборудование для радиометрического обогащения урановых руд. А.П.Татарников, Н.И.Леорова, И.Г.Балакина и др. // *Горный журнал*. - 2007. - № 7. - С. 85-87.
10. ДСТУ 4704:2008. Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки. Взамін ДСТУ-П4704:2006. Введ. 01.01.2009 // *Держстандарт України*. - 2009. - 11 с.
11. Ляшенко В.И., Мельник Г.В., Малоок А.В. Повышение сейсмической безопасности при производстве взрывных работ под городской застройкой // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2010. - № 6. - С. 74-80.
12. Ляшенко В.И., Дудченко А.Х. Сейсmobезопасная технология подземной разработки урановых месторождений // *Безопасность труда в промышленности*. - 2012. - № 5. - С. 34-40.
13. Ляшенко В.И., Дудченко А.Х. Сейсmobезопасные технологии подземной разработки сложноструктурных месторождений // *Черная металлургия*. - 2012. - № 7. - С. 28-37.
14. Ляшенко В.И., Дудченко А.Х. Обоснование сейсmobезопасных для городской застройки параметров массовых взрывов при подземной разработке урановых месторождений // *Горный журнал*. - 2012. - № 8. - С. 40-44.

¹⁾ Работа выполнена по материалам докладов с участием автора на 12-й международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», организованной Университетом Занджана (Иран) и Российским университетом дружбы народов (Россия). Иран, 16-20 сентября 2013 г.

²⁾ Там же. Сборник Тезисов докладов 12-й международной конференции. - Том 1. - С. 467-469. Работа выполнена под научным руководством М.Н.Слепцова при участии Р.Ш.Азимова, В.Н.Коваленко, Г.Л.Сергуна, В.М.Зельниченко, Г.А.Ермолина, Б.В.Карпенко, Ю.Н.Сорока, А.А.Ткаченко, В.З.Дятчин и др.

³⁾ Там же. Сборник Тезисов докладов 12-й международной конференции. - Том 1. - С. 56, 57

⁴⁾ Там же. Сборник Тезисов докладов 12-й международной конференции - Т1. - С. 132-134. Работа выполнена при содействии В.Н.Пухальского, А.Е.Пищыка, Н.Н.Ковтуна (ГП «ВостГОК»), Ю.И.Кошика, Г.А.Маслякова, В.А.Кривчикова, С.В.Давыдова, Ю.Я.Савельева, П.Т.Крука, В.З.Дятчина, А.А.Ткаченко, Д.В.Дятчина, А.Г.Скотаренко, В.Н.Жушмана, И.С.Хавренко, П.А.Кислого (ГП «УкрНИПИИпромтехнологии») и др.

*Василий Иванович Ляшенко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Государственное предприятие Украинский научно-исследовательский и проектно-разведывательный институт промышленной технологии, г. Желтые Воды, Украина, тел. +38(05652)290-64*

ПРОНИКАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

Рассматриваются способы управления свойствами тампонажных растворов на основе минеральных вяжущих, позволяющие создать надежную защитную конструкцию вокруг горной выработки. На основе физико-механических представлений предложены математические выражения для определения основных параметров тампонажных растворов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тампонажный раствор; водонепроницаемость; долговечность; прочность; тампонажная завеса; надежность; седиментация; вязкость; динамическое напряжение сдвига.

Проникающая способность тампонажных растворов – это их способность проникать в трещины на требуемую глубину под воздействием заданного давления. Необходимо различать абсолютную и относительную проникающую способности.

Абсолютная проникающая способность (АПС) – это такое минимально необходимое соотношение размеров частиц в растворе и величины раскрытия трещин массива горных пород, при котором раствор заданного качества беспрепятственно проникает в трещину.

Относительная проникающая способность (ОПС) – это способность тампонажного раствора проникать по трещинам горных пород под действием приложенного гидравлического давления без существенного изменения его консистенции и характеристик раствора.

Согласно исследованиям ряда авторов, тампонажный раствор полностью и без потерь качества проникает в трещину, если соотношение между диаметром частиц суспензии и величиной раскрытия трещин будет находиться в пределах от 2 до 6. В некоторых нормативных документах [2] указывается, что цементация может применяться в скальных горных породах при раскрытии трещин более 0,15–0,20 мм, в других [1] эту же величину принимают равной 0,25 мм.

Для того, чтобы обеспечить указанную АПС, требуется, чтобы суспензия имела по весу 90–95% зерен, проходящих через сито с 4900 отв/см² [3]. Необходимо отметить, что указанные требования к АПС не учитывают ряда факторов и являются весьма условными.

Тампонажные суспензии являются вязкопластичными жидкостями, течение которых достаточно полно описывается законом Бингама-Шведова. В свете этого ОПС тампонажных растворов полностью зависит от их вязкости и динамического напряжения сдвига (при градиентах скоростей сдвига, характерных для предварительной цементации горных пород).

АПС тампонажных растворов изучалась на специальной установке, позволяющей моделировать трещину с различным раскрытием и шероховатостью. Исследованиями установлено следующее [4]. Величина давления и способ его приложения не оказывают влияния на АПС. Как следует из графика (рис.1), АПС зависит от B/T . С ростом B/T нелинейно уменьшается минимальное раскрытие тампонируемой трещины, которое данный раствор может проникнуть. С увеличением тонкости помола материала (ростом его удельной поверхности U_c) АПС тампонажных растворов также улучшается (рис.2).

Определенное влияние на АПС оказывает шероховатость стенок трещин.

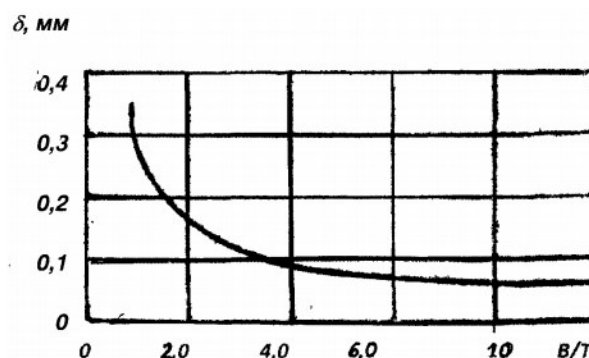


Рис.1. Зависимость АПС тампонажных растворов от B/T

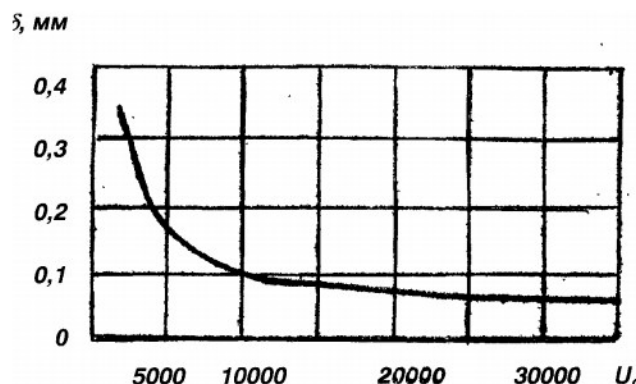


Рис.2. Зависимость АПС тампонажных растворов от U_c

На рис.3 приводится зависимость поправочного коэффициента K_1 от величины отношения крупности выступов на изломе l к величине раскрытия трещины $K_1 = \delta/\delta_1$, где δ – минимальное раскрытие трещины при шероховатых стенках трещины, а δ_1 – при гладких стенках трещины.

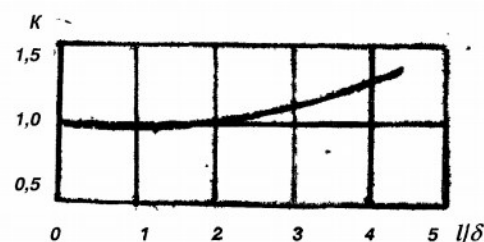


Рис.3. Влияние шероховатости стенок трещины на АПС

Химико-минералогический состав вяжущего на АПС не влияет. Добавка в растворы оказывает влияние на АПС. В табл.2 приводятся данные о влиянии некоторых добавок на АПС (через коэффициент K_2).

В результате обработки более чем 250 данных получена следующая эмпирическая зависимость для расчета АПС [4]:

$$\delta = \left\{ \frac{0,0675 B / T + 0,771}{6,52 B / T + 2,925} + \frac{162}{U_c} + 0,019 \right\} K_1 K_2. \quad (1)$$

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Таблица 2

Добавки		Коэффициент K_2
Вид	% от веса цемента	
CaCl_2	1-2	0,85-0,90
ССБ	0,1-0,2	0,80-0,85
AlCl_3	1,0	0,80
FeCl_3	1,0	0,85-0,90
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1,0	1,0

Для проверки соответствия результатов, полученных по формуле (1), практическим данным был проведен расчет для цементационных растворов с $U_c=2500-3000 \text{ см}^2/\text{г}$ и $B/T=1,0+2,0$. Получено, что минимальное δ колеблется в пределах от 0,15 до 0,5 мм, что отвечает ранее изложенным требованиям.

Формула (1) позволяет расчетно определять необходимую степень дисперсности цемента, глины и их смесей, а также необходимое B/T при составлении тампонажных растворов.

Структурная вязкость цементных, глинистых и глиноцементных растворов определялась на ротационном вискозиметре РВ-8 для растворов с нарушенной структурой, что достигалось интенсивным перемешиванием внутреннего цилиндра перед началом измерений.

На рис.4 отражены результаты измерений структурной вязкости на 8 цементах, 5 глинах и 4 смесях (статистическая совокупность составляет 130 дат) в зависимости от плотности раствора x . Как видно из графика, имеет место тесная корреляция между структурной вязкостью и плотностью раствора, причем природа раствора на эту зависимость существенного влияния не оказывает.

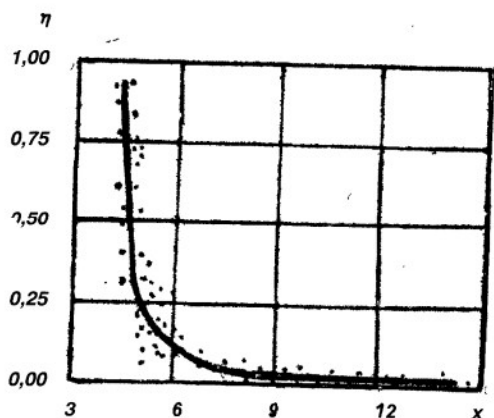


Рис. 4. Изменение структурной вязкости растворов в зависимости от их плотности

Обработка данных позволила получить следующую зависимость:

$$\eta = aB^x, \quad (2)$$

где a – коэффициент, $a=28,2$; $B=0,3118$.

Известно, что тампонажные растворы изменяют свою вязкость во времени:

$$K_1 = \frac{\eta}{\eta_n}, \quad (3)$$

где K_1 – коэффициент, показывающий степень изменения структурной вязкости на расчетный момент относительно начального момента; η – вязкость рас-

твора на данный момент времени; η_n – начальная вязкость раствора в первые минуты после затворения.

Изучение растворов показало, что K_1 зависит от отношения времени от начала затворения до данного момента T ко времени начала схватывания цемента T_{cx} , определенному с помощью прибора Вика [3].

На рис.5 приводится эта экспериментально определенная зависимость, которая с достаточной степенью точности выражается уравнением:

$$K_1 = \frac{1}{1 - 0,47 \frac{T}{T_{cx}}}. \quad (4)$$

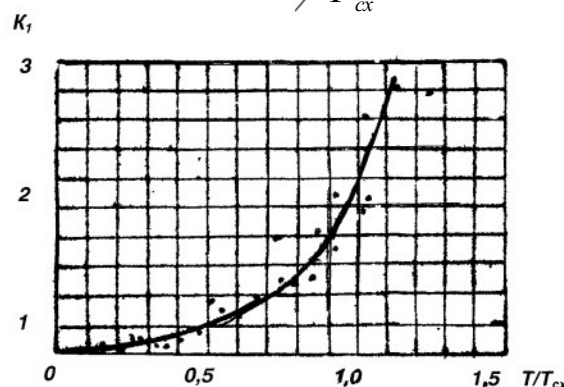


Рис.5. Влияние времени на вязкость цементных растворов

Кроме времени некоторое влияние на вязкость раствора оказывает интенсивность его перемешивания, которую можно учесть поправочным коэффициентом C_1 . Экспериментально установлено, что в зависимости от интенсивности перемешивания C_1 изменяется от 1 до 1,1.

Исследованиями ряда авторов установлено влияние на вязкость тампонажных растворов различных добавок. На действие этих добавок необходимо ввести поправочный коэффициент d_1 . С учетом всех факторов, действующих на вязкость тампонажного раствора, формула (2) приобретает следующий вид:

$$\eta = aC_1d_1K_1B^x. \quad (5)$$

Аналогично и одновременно со структурной вязкостью определялось динамическое напряжение сдвига (ДНС) цементных, глиноцементных и глинистых растворов.

На рис.6 приводятся результаты экспериментов, которые показывают, что ДНС для каждого вида раствора имеет свое отличие. Характерно при этом, что для каждого вида раствора экспериментальные точки для растворов, составленных из различных цементов, глин и их комбинаций, тесно укладываются около соответствующей кривой. В результате обработки данных установлено, что кривые описываются уравнением:

$$\tau_0 = \frac{A}{x^f}, \quad (6)$$

где для цементных растворов $A=2405$, $f=3,14$.

Как и на структурную вязкость на ДНС влияют время, интенсивность перемешивания и добавки. Результаты экспериментального изучения влияния времени на ДНС цементационных растворов, обозначенного коэффициентом K_2 , приводятся в следующей

эмпирической формуле и на рис.7:

$$K_2 = 1,9 \frac{T}{T_{cx}} + T. \quad (7)$$

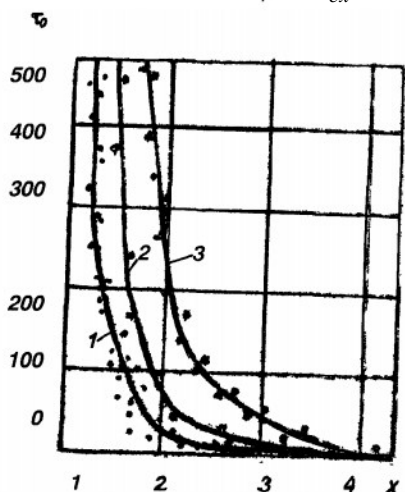


Рис. 6. Зависимость ДНС от плотности раствора x:
1 – глинистые растворы, 2 – глиноцементные растворы, 3 – цементные растворы

С учетом поправок величина ДНС может быть выражена формулой:

$$\tau_0 = \frac{AC_2 d_2 K_2}{x^f}, \quad (8)$$

где C_2 – коэффициент интенсивности перемешивания раствора, изменяется в пределах от 1 до 1,15; d_2 – поправочный коэффициент на действие добавки.

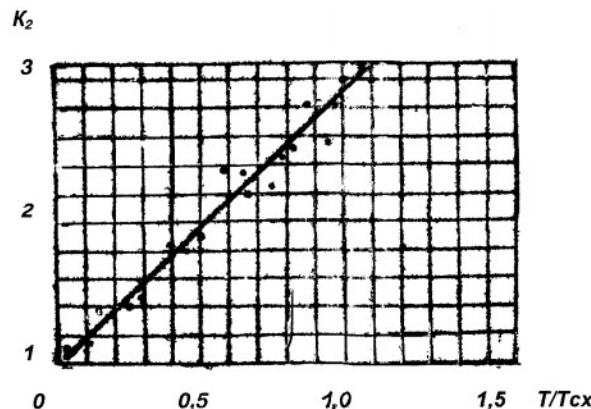


Рис. 7. Влияние времени на ДНС цементационных растворов

Литература

1. Руководство по производству предварительной цементации горных пород при проходке вертикальных стволов шахт глубиной до 400-500 м (временное). – Минтяжстрой СССР. – КузНИИШахтострой. – Кемерово, 1972.
2. Указания по проектированию противодиффузионных цементационных завес в скальных основаниях бетонных плотин. – М.: Энергия, 1968.
3. Куликов Ю.Н. Нормальная густота цементного теста и ее связь с тонкостью помола и минералогическим составом цемента. – Научные труды. – М.: «Сооружение горных выработок», № 7. – М.: МГИ, 1973.
4. Куликов Ю.Н., Куликова Е.Ю., Хажеинов К.В. Долговечность ограждающих конструкций подземных сооружений. – М.: Изд-во МГГУ, 2009.

Юрий Николаевич Куликов, проф. НИТУ «МИСИС», E-mail: info@misis.ru

УДК 61.53.99

Е.М.Попов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ШТЫБОВ/ШЛАМОВ В СОСТАВЕ АНТРАЦИТОВЫХ БРИКЕТОВ НА ИХ СВОЙСТВА

Излагается способ получения топливных брикетов из формованной смеси угольного штыба, шлама и полимерного связующего, изготовленного из недефицитного, нетоксичного производственного отхода с низкой себестоимостью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: шлам; штыб; связующее; шихта; брикеты.



Идея окускования твердого угольного топлива из мелких частиц возникла после внедрения горнодобывающих комбайнов, при эксплуатации которых стало выделяться в процессе добычи угля множество мелких частиц, именуемых марками Ш (штыб) при размере частиц 0-6 мм и ШШ (шлам) с размерами частиц 0-1 мм. В результате этого шахты столкнулись с проблемой сбыта этих мелких частиц, так как они значительно уступают в цене крупным маркам угля [4-6]. Вторая, основная проблема заключается в том, что скапливающиеся на складах шахт огромные количества шлама, имеющего влажность 14-39% и зольность 40%, оказывают значительное негативное воздействие на окружающую природную среду [7]. Из-за этих показателей шлам, взятый из шахты Обуховская Ростовской области, несмотря на то, что содержание серы в нем составляет не более 1%, имеет теплоту сгорания 3550 ккал/кг [1], что вынуждает вво-

дить дополнительные затраты при его сжигании.

В связи с указанным, возникла проблема создания брикетного топлива из угольного штыба и шлама.

Разработанное брикетное топливо состоит из формованной смеси угольного штыба, шлама и незначительного количества полимерного связующего. Связующее с целью понижения себестоимости брикетов было изготовлено из недефицитного, нетоксичного производственного отхода. Оно содержит много-тоннажный отход целлюлозно-бумажных комбинатов, представляющий собой природный водорастворимый полимер ароматического строения, основу которого составляют натриевые соли полимерных лигносульфоновых кислот с широким диапазоном молекулярных масс от 2000 до 100000 (технические лигносульфонаты).

Вследствие оптимизации температуры термобработки брикетов с использованием полимерного связующего достигнуты более высокие прочностные характеристики [2].

Исследовалась теплота сгорания шлама до и после брикетирования на примере антрацитов шахты

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Обуховская. До брикетирования низшая теплота сгорания шлама с 39% влажности и зольностью 40% составляла 3550 ккал/кг. После брикетирования по предлагаемой технологии температура сгорания шлама составила 5071 ккал/кг со снижением влажности до 3%, т.е. увеличилась на 1500 ккал/кг. Так же исследовалась температура сгорания штыба до и после брикетирования. До брикетирования при влажности 14% и зольности 15% температура сгорания штыба составляло 5650 ккал/кг, а после с понижением влажности до 3% - 6100 ккал/кг.

При изготовлении брикетов было обнаружено, что с измельчением частиц шламов во влажном состоянии, взятых из шахты Обуховская, начинает увеличиваться их клейкая способность. Частицы липнут в смесителе и на стенках сосудов. С такими свойствами получение брикетов из одного шлама оказалось невозможным. В целях нейтрализации негативных свойств шламов, связанных с большим содержанием мельчайших частиц, было решено сократить их количество путем увеличения содержания в угольной массе более крупных частиц из штыба размерами до 6 мм до тех пор, пока клейкие свойства не перестанут себя проявлять.

В ходе проводимых исследований установлено, что оптимальным сочетанием шихты шлам-штыб, при котором прекращается негативное проявление свойства клейкости шлама, влияющее на качество изготавливаемых брикетов, является соотношение 10/90% штыба и шлама.

В результате исследований в лаборатории была получена зависимость соотношений 10/90 - 90/10 штыба и шлама от калорийности, рис.1.

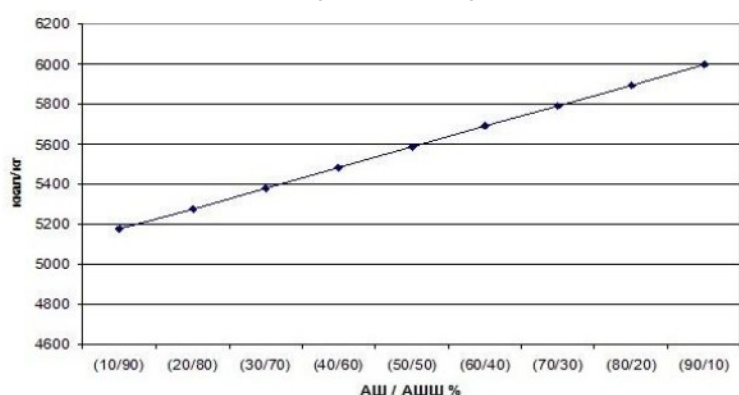


Рис.1. График калорийности соотношений штыба и шлама

Разработанная технология имеет упрощенную технологическую цепочку в сравнении с существующими. Исходные антрацитовые шлам и штыб подаются в холодном, влажном состоянии в аккумулярующие бункера прессового отделения. Из бункеров уголь дозаторами направляется в горизонтальный двухвальный смеситель, где он перемешивается со связующим в виде 50%-го водного раствора технических лигносульфонатов в количестве 3-5% от массы угля. Создается смесь штыба и шлама в заданном соотношении (10/90 – 90/10%) в соответствии с тре-

буемой теплотой сгорания (см.график), с общей влажностью шихты 10-39%.

После усреднения полученная шихта из смесителя дозируется в прессовые машины для формирования в брикеты при давлении 20 МПа в обычных условиях.

Из прессов отформованные сырые брикеты направляются по ленточным конвейерам в ленточные сушилки для тепловой обработки. Термообработка брикетов осуществляется нагретыми до температуры 210-230°C дымовыми газами или воздухом в течение 80-120 минут.

Брикеты после термообработки перегружаются в охлаждающие конвейеры и колосниковые грохоты для отсева крошки. Крошка возвращается по конвейерным лентам в отделение контрольной классификации, затем вместе с углем направляется на брикетирование. Готовые брикеты отгружаются потребителям.

Полученные брикеты имеют плотную матовую поверхность, хороший товарный вид и обладают высокими физико-механическими свойствами, которые определялись по ГОСТ 21289-75 [3]: прочность на сжатие 90 кг/см², прочность на истирание 85%, водопоглощение 3,5%, механическая прочность на сбрашивание 85%, брикеты термостойки при 900°C и при давлении 9 кг/см², теплота сгорания 5170-6100 ккал/кг исходя из требуемого соотношения Ш/ШШ.

Брикеты со связующим материалом по показателям механической прочности, атмосферостойкости и термостойкости при горении соответствуют требованиям стандартов, предъявляемых на отечественном рынке сбыта угольного брикетного топлива.

Литература

1. Бутков В.В. Шахта "Обуховская" - история и путь в завтра // Исторический очерк, перспективы, технические характеристики добываемого антрацита ОАО "Шахтоуправление Обуховская", 2013 г.
2. Евстифеев Е.Н., Кужаров А.С., Попов Е.М. Разработка нового связующего для производства бездымных брикетов из антрацитовых штыбов /ж.Уголь, 2014, с.74.
3. ГОСТ 21289-75 БРИКЕТЫ УГОЛЬНЫЕ. Методы определения механической прочности. – Введ. 01.07.77. – М.: Изд-во стандартов, 1977.
4. Казаков В.Б., Попов С.М., Стоянова И.А., Харченко В.В. Методологические основы оценки ценности углепромышленных отходов для расширения масштабов их использования в хозяйственной деятельности. Уголь. 2012. №4 (1033). С.50-53.
5. Попов С.М., Харченко В.А. Методологические основы экономической оценки отходов горнорудной промышленности. Горный журнал. 2009. №1. С. 86-87.
6. Попов С.М. Методологические основы оценки территориальных рынков сбыта для потребительских стоимостей, создаваемых при использовании углепромышленных отходов. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. №5. С. 165-169.
7. Попов С.М. Анализ факторов, влияющих на выбор направлений использования отходов. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. №6. С.58-62.

Евгений Михайлович Попов, аспирант Донского государственного технического университета, тел. 8-909-407-63-70, E-mail: 2086ramblerru1@rambler.ru

От редакции. В первом номере нашего журнала за 2004 г. была опубликована статья нашего постоянного автора, члена Президиума Международного общества маркшейдеров (ISM), члена Академии горных наук Гордеева В.А. по периодизации в истории развития маркшейдерского дела, в которой вся история маркшейдерии разбита на 3 ключевых периода.

Начиная с этого номера, мы предлагаем публикацию цикла статей (в №№1, 2 и 3) автора, написанных в развитие этой ключевой статьи.

УДК 622.1:528

В.А.Гордеев

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ИСКУССТВО В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ ЧАСТЬ 1. ЗАРОЖДЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ИСКУССТВА

В первой статье рассматривается история появления маркшейдерского дела в период Высокого (Классического) Средневековья на фоне развития горного дела в Западной Европе. Раскрывается содержание обозначений профессии маркшейдера в XV-XVI вв. На материале немецких источников по истории горного дела излагается начало использования в маркшейдерии компаса и изображения горных выработок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: средневековье; горная промышленность; геодезические построения; маркшейдер; маркшейдерские измерения.



После развала Римской империи, в период Великого переселения народов почти все города бывших римских провинций в Европе были разрушены и разграблены варварами. Промышленность пришла в упадок, население гибло от военных действий и эпидемий страшных болезней.

В это же время Восточная Римская империя (Византия) переживает экономический подъем. Византийцам удалось отбиться от варваров, персов, арабов и славян. Это был период расцвета византийской цивилизации (VI-X вв.).

Средневековая Европа унаследовала от Римской империи часть ее горных разработок, не полностью была потеряна и прежняя техника, сохранились

элементы правовой регламентации горного дела, хотя последние быстро деформировались в процессе феодализации.

Со времен Каролингов – VIII-IX вв. – начинается возрождение горной промышленности Западной Европы, возобновляется разработка старых римских рудников и вместе с тем начинают разрабатывать новые месторождения. В IX в. на территории Западной Европы образуются самостоятельные государства – Франция, Германия, Италия, Англия и др. К концу X в. легкодоступные запасы руды в Европе были истощены, а потребность в металле возросла [2], [3].

Около 920 г. были открыты громадные залежи серебра в горном массиве Гарца (знаменитые рудники на горе Раммельсберг), где вскоре из соединения нескольких деревень вырос город Гослар (рис.1).

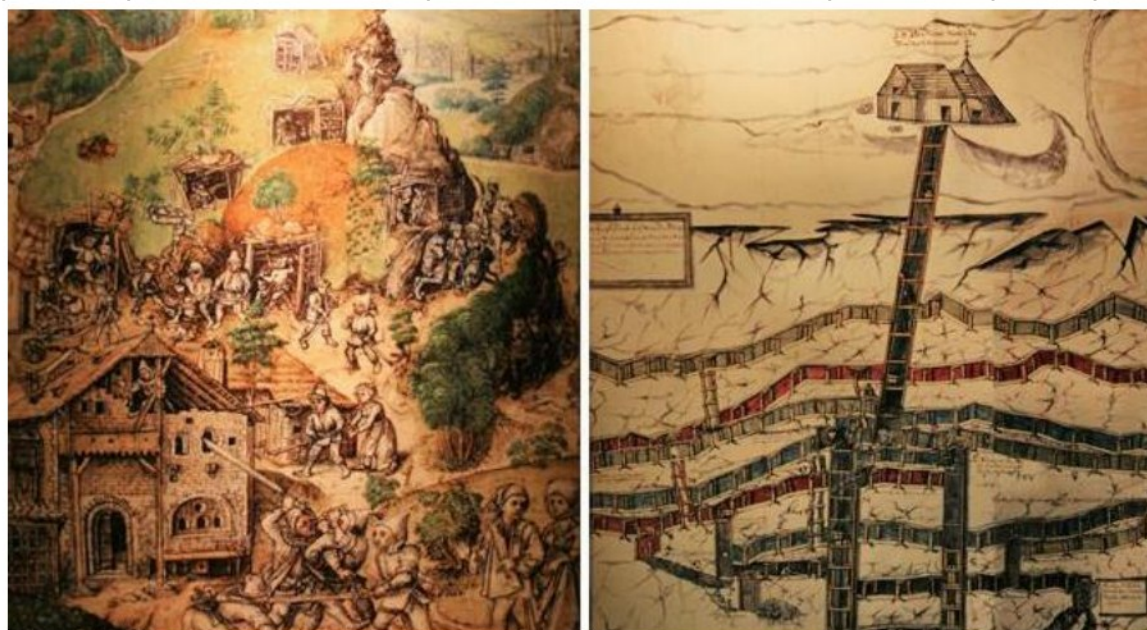


Рис. 1. Горные работы в Госларе

В XI-XIII вв. были открыты месторождения серебра и золота на территории Италии (Тренто), Германии (южный Шварцвальд, Фрайберг и Аннаберг в Саксонии), Чехии (Пршибрам, Кутна-Гора, Йиглава), Словакии (Банска-Штьявница и Кремница), Австрии (Швац в Тироле), Швеции (Фалун). Своего расцвета эти разработки достигли к XV-XVI вв. Здесь закладывались горняцкие традиции и основы горного дела.

Около 800 г. начата разработка соли в саксонском Галле, открыто крупнейшее месторождение соли в Величке. В 908 г. возобновляются еще начатые

кельтами, до римского владычества, разработки соли в Зальцкаммергуте и золота в Тауэрне.

В техническом отношении горная промышленность и металлургия этой эпохи стояли на весьма низком уровне. Широкое распространение имели открытые разработки, и рудники часто забрасывались после поверхностного и хищнического использования лишь части рудных богатств. Только в некоторых местах создавались настоящие рудники со штольнями и даже неглубокими шахтами, достигавшими 10 метров глубины. Углублению шахт мешала угроза их

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

заполнения водой, так как удаление воды обыкновенными ведрами (с помощью воротов или цепной передачи) не решало проблемы.

Горное дело в средневековой Западной Европе было организовано так же, как и обрабатывающие промыслы, – по цеховому принципу [4]. Цехи объединяли лиц одинаковых профессий. Очень долго горные промыслы были арендой деятельности паевых товариществ, которые создавались рудокопами и отдавали часть добычи в пользу земельного собственника и владельца горной регалии.

С XII в. стал применяться шахтный способ, а уже через три столетия горное дело становится одной из первых в Европе сфер раннекапиталистического производства. По мере подъема горно-металлургические промыслы начали бороться за освобождение от сеньориальной зависимости и подобно городам добиваться фиксации своих обычаев: особого горного права, привилегий, личной свободы участников.

С XI в. в странах Европы стали формироваться крупные города – центры ремесленной деятельности горняков (в Чехии, Саксонии, Франции и др.). Города добиваются от феодалов так называемых горных свобод, а правила ведения горных работ закрепляются специальным законодательством – горным правом. Формируются традиции горняков, получающие свое выражение в профессиональных праздниках, парадной одежде, знаках отличия [4].

Необходимость в выполнении геодезических измерений и геометрических построений при ведении горных работ была с древних времен. В предыдущей статье [1] длительный период в развитии горного дела с 2 тыс. до н.э. по XII в. н.э. определен как предыстория маркшейдерии. Отличительной чертой этого периода является выполнение геометрического обеспечения строительства подземных сооружений силами геодезистов, использующих при выполнении своих работ немеханические приборы – веревки, отвесы, ватерпасы и др. С возрождением горного дела и развитием феодальных отношений появляется новая задача – геометрическое обеспечение подземных горных работ в пределах горного отвода недропользователя.

К первому примеру «измерения рудников» относятся упоминание в конце VIII в. железного рудника монастыря в Фульда/Гессен размером примерно 90 кв.м («30 virgae in longum et toti dem in latitudine» – «30 локтей в длину и 5 локтей в ширину») [5].

Появились первые горные уложения – Тирольский горный порядок (1185), Горное право Шемница (1217), Горное право Йиглавы (1248), Фрайбергское горное право (ок.1250), Госларское горное право (1271), Горный порядок Куттенберга (1280).

Страшные эпидемии и продолжительные войны XIV – нач.XV вв. вновь приостановили развитие горного дела. Золотой буллой 1356 г. император Карл IV Люксембургский закрепил за князьями право (регалии) на использование земных богатств в их владениях, а те передали разработку недр вассалам. Возникла задача выноса в подземные выработки границ участков, отведенных под разработку различным собственникам. Специалистов, которые занимались геометрическим обеспечением проходки горных выработок, участвовали в разрешении споров о границах

горного отвода, стали называть маркшейдерами.

Название профессии маркшейдера берет начало от граничных (межевых) камней (Markscheidstempel, die Markscheid – от немецких слов Mark – граница и scheiden – разделять), которые устанавливались в подземных горных выработках на границе участков, принадлежащих разным владельцам. П.Вильски указывает [6], что такие камни упоминаются в Шемницком горном праве между 1235 г. и 1270 г. За умышленную порчу или уничтожение граничного камня можно было потерять «тело и имущество». П. Вильски отмечает, что в то время уже проходили штольни, а проходка таких горных выработок без измерений немыслима. На рудниках Гарца в X в. маркшейдер также выполнял обязанности судебного исполнителя (Fronbote, Fronpote), его также называли горным нотариусом (Bergnotar) [7, 8]. Он имел права присяжного заседателя, имел место и голос в горном суде [6].

Г.-Г.Конрад считает, что термин «маркшейдер – Markscheider» отмечен впервые ок. 1365 г. в решении участка судьи Цукмантеля [9]. Этот термин означает, что маркшейдер – в некотором смысле межевщик, специалист, призванный в условиях подземных горных работ указывать границы горного отвода. Считается, что сначала маркшейдерские работы выполняли горные мастера и судьи, а затем, вследствие постоянных занятий съемками, отнимавшими много времени, маркшейдерия выделилась в самостоятельную профессию.

Следует отметить, что известны различные написания горняка-маркшейдера [6, 7]: Marscheider, Marckscheider, Marscheyder, Marckscheyder. Это объясняется различными написаниями граничного камня – Markscheid в Горном праве Шемница, Marscheid в Горном праве Йиглавы, Marchschaid в Швацком горном уложении и др. [7]. Нынешнее написание установилось с XVI в. [9].

Уже ок.1490 г. в Альпах (на территории Венгрии, Австрии, Баварии) подземных геометров называли шинерами (Schiner), горными шинерами (Bergschinner), шинмейстерами (Schinmeister). Известны также названия Schiener, Schininer, Schinner, Abschiener и др. Единого мнения о происхождении этого слова нет, нет этих слов в современном немецком языке. Корень этих слов – Schin – обозначает либо прибор для задания направления (компас) [8], либо направление [10]. Так, Schinzug может означать азимутальный ход, либо ход, проложенный с помощью компаса-шины. В любом случае под шинером следует понимать горного съемщика, задающего направление горной выработке.

Предписание о необходимости маркшейдерских измерений содержит Горный устав рудокопов Шладминга (1408), штатные маркшейдеры (шинеры) устанавливались Горным уставом рудокопов Шваца (1449). В Аннабергском горном уложении 1509 г. содержится предписание об испытании и допуске маркшейдера к ведению горных работ [6].

Основными инструментами маркшейдера были набор длинных (до 200 м) шнуров (Bergschnur, Meßschnur) из липового лыка для геометрических построений и линейных измерений, короткие (1-2 м) деревянные рейки (жезлы) для измерения длин шнуров,

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

угломер (Winkelmaß, Winkelmesser - транспортир или квадрант с отвесом) для измерений и построений углов и компас (Kompaß) для измерения направления линии (рис.2).



Рис.2. Маркшейдер с мерным шнуром и угломером. Реконструкция. Горный музей в Шнееберге. Фото А.М.Винтер, 2009

Для нивелирования применялись две рейки, устанавливаемые на определяемых точках. Через рейки протягивался горизонтально шнур, превышение определялось как разность отсчетов по рейкам.

Известно, что шинеры пользовались водяным компасом (nasse Kompass, wasser-bussol). В материалах государственного архива во Флоренции обнаружены сведения, что водяная буссоль применялась уже ок. 1200 г. на серебряных рудниках близ Масса Мариттима в Тоскане [7]. Водяной компас был изобретен, видимо, в Китае и занесен в Европу арабскими мореплавателями. Он представлял собой намагниченную стрелку, укрепленную на пробке, которая плавала в сосуде с водой. Первое описание водяного компаса (буссоли – франц.) дал в 1187 г. французский монах Гуго де Берси (Hugues de Bersu, иначе Гийо де Провен). В 1269 г. французский ученый Пьер де Марикур (Pierre Pélerin de Maricourt) в своем «Послании о магните» (Epi-stola de Magnete) привел изображение компаса (рис.3). У Марикура компас разбит на 2-градусные деления.

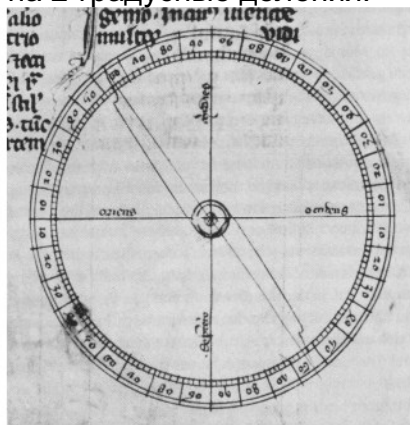


Рис.3. Компас из книги П. де Марикура (1269 г.)

К началу XIV в. изобрели «сухой» компас (Trockenkompass). Магнитную стрелку поместили на острие в центре бумажного круга (картушки), разделенного на румбы – 16 частей по четыре на каждую часть света. Стрелка с картушкой помещалась в круглой коробке, где и могла вращаться.

Для измерений в шахте компас устанавливали на палке или штативе. Такой компас назывался накладным компасом (Setzkompass, Prunkkompass). По А.Бейеру (1749) накладной компас появился в Германии к концу XIV в. В маркшейдерии наступила эпоха компаса. Использование компаса для подземных измерений отделило маркшейдеров от геодезистов, у которых на земной поверхности имелось достаточно способов для ори-

ентирования съемок.

Первую известную конструкцию горного компаса изобразил фрайбергский врач и бургомистр Ульрих Рюляйн фон Кальв (Ulrich Rülein von Calw, 1465-1523) – автор первой немецкой книги по горному делу – «Ein wohlgeordnet und nützlich büchlein wie man Bergwerk suchen und finden soll», Аугсбург, 1505 («Достаточно последовательная и полезная книжца о том, как следует искать и находить месторождения»). Под другими названиями эта книга неоднократно переиздавалась в первой половине XVI в.

У.Рюляйн фон Кальв окончил в 1490 г. бакалавриат и магистратуру в Лейпцигском университете по медицине и математике. Участвовал в строительстве Аннаберга, а с 1497 г. отвечал за здравоохранение во Фрайберге. Здесь он также выполнял функции геодезиста, строителя, эксперта по горным вопросам и астролога. С 1508 г. он был советником, а в 1514-1519 гг. – бургомистром Фрайберга. В 1515 г. основал первую гуманитарную гимназию в Саксонии. В 1519 г. переехал в Лейпциг, где преподавал медицину.

В «книжце» насчитывается 31 страница. На с.18 приведено изображение компаса, окружность которого разбита в оба направления по 12 часов (рис.4), на компасе имелись также солнечные часы.

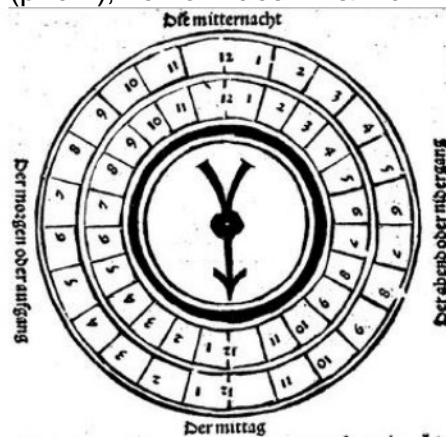


Рис.4. Компас из «Горной книжки» У.Рюляйна фон Кальва

Компас расположен соосно с циферблатом и служил для ориентировки, причем стрелка компаса ориентирована была на юг. Разбивка циферблата была почасовая с указанием времени суток (утро, день, вечер, ночь), поэтому компас использовался и как часы. Диаметр циферблата (внешнего круга, лимба) оценивается в 10 см, компаса - 4 см. Цена деления лимба – ½ часа (15°). Первые компасы имели деревянные лимбы (Holzscheiben-Kompass), с середины XVI в. - металлические лимбы (Eisenscheiben-Kompass).

К XV в. в горнорудной промышленности Европы цеховая организация производства постепенно вытесняется мануфактурным способом производства, характеризуемым разделением труда и его кооперацией, при сохранении ручного труда наемных рабочих и низкого уровня техники. Отличительными особенностями мануфактурного способа организации производства являются: большое число рабочих (до сотни и более); разделение труда по видам работ и операций; свобода от цеховых ограничений и регламентов.

Состояние горного дела в конце XV - начале XVI в. описали Георг Агрикола (1556) и Лазарус Эрккер фон Шрекенфельс (1574).

К этому времени уже выработались определенные принципы вскрытия месторождений горными работами, учитывающие форму и залегание рудного тела. Крутопадающие жилы вскрывали наклонной шахтой; штольни проходились лишь для вспомогательных целей, главным образом для водоотлива.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

При горизонтальном залегании пологого тела вскрытие производилось штольней с расширением ее в рудной зоне. Вертикальные шахты носили вспомогательный характер и служили преимущественно для вентиляции и подъема. Месторождения, состоящие из нескольких рудных тел, вскрывались при помощи шахты с радиальной системой выемок и сохранением промежуточных целиков. Сечение шахт – прямоугольное 3×4,5 м, глубина до 145 м [11].

Широкое распространение получают наклонные, а также горизонтальные выработки, проводимые по рудной жиле и подготавливающие ряд «этажей» для разработки, и горизонтальные выработки по пустой породе – квершлагги. Развивается крепление вертикальных и горизонтальных выработок бревнами. Подъемные машины и механизмы приводились в движение конным приводом. Откачка грунтовых вод производилась сложным способом, причем использовались различные поршневые и ковшовые насосы, механизмы с конным приводом, лебедки и водяные колеса. Появляются одноколесные тачки, которые затем заменяются тележками на колесах, перемещающимися по специальному деревянному настилу и оборудованными направляющим костылем, который при движении тележки скользит в пазу настила [11]. Для транспортировки добытой породы в шахтах, задолго до появления их на земной поверхности, начинают использовать рельсовые дороги – сначала деревянные. Впервые деревянные рельсы изображены в «Космографии» Себастьяна Мюнцера (1541). Позже деревянные рельсы обиваются листовой жестию; по такой дороге движутся вагонетки. Наступает период развития четырехколесных повозок, которые приходят на смену повозкам двухколесным [12].

В XIV-XV вв. в Европе набирает силу университетское образование, имеющее пока гуманитарный уклон и схоластический подход, отрицающий эксперименты и являющийся тормозом для развития естественнонаучной мысли. В XV-XVI вв. в Германии создается много университетов, в т.ч. Лейпцигский (1409) и Виттенбергский (1502) университеты, выпускниками которых были Г.Агрикола, Э.Райнхольд и другие будущие ученые по горному делу. В начале XVI в. в Европе распространилось книгопечатание.

Наивысшее развитие горное дело получило в Германии середины XVI в. Известны первые маркшейдерские династии из того времени, например, семейство Ёдер (Öder) из Аннаберга. Старейший член семьи Георг Ёдер Старший (ум. в 1535) был маркшейдером и с 1521 членом муниципалитета в Аннаберге. Его сын Георг Ёдер Младший (1511-81) был с 1537 также членом муниципалитета в Аннаберге и стал позднее маркшейдером саксонского курфюрста. Он - автор карты «Das Ampt Schwarzenburck», 1551 (местечко Шварценберг в Рудных горах), старейшей топографической карты Саксонии. Его преемниками на посту саксонского маркшейдера были сыновья Георг и Матиас [13].

В начале XVI в. появляются первые горные графические документы. Это были преимущественно примитивные эскизы, совмещавшие перспективное изображение земной поверхности и вертикальную проекцию горных выработок. Обычно это были зарисовки небольшого участка земной поверхности, под которой ведутся горные работы (рис.5).

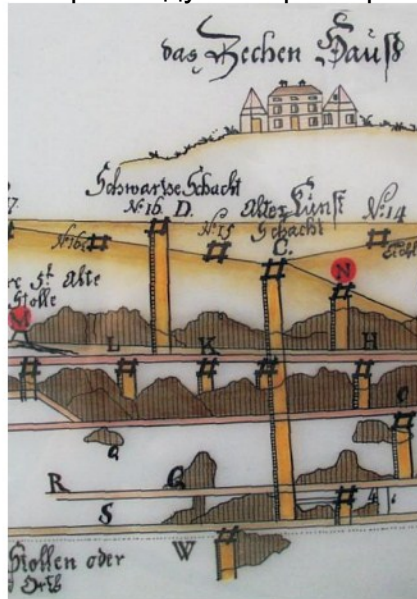


Рис.5. Горный чертеж XVI в. Музей горного дела в г.Вайльбург-на-Лане /Гессен (Германия)

Изображения были перспективные, третьего измерения еще не было. Они носили информационный характер и не использовались для контроля и планирования горных работ.

Старейший горный рисунок такого типа в Саксонии (1529 г.) описал О.Нимчик (1963). Уменьшенные в масштабе горные чертежи встречались крайне редко [6].

В это время появились первые труды с описанием не только горного производства, но и

маркшейдерских работ.

Литература

1. Гордеев В.А. Периодизация истории маркшейдерского дела // Маркшейдерский вестник. – № 1 – 2014. – С. 8 – 12.
2. Самаркин В. В. Историческая география Западной Европы в средние века. – М.: Высшая школа, 1976. – 248 с.
3. Буассонад П. От нашествия варваров до эпохи Возрождения. Жизнь и труд в средневековой Европе. – М.: Центрполиграф, 2010 – 383 с.
4. Горная энциклопедия. В 5 томах. Ред. Козловский Е.А. – М.: Советская Энциклопедия, 1984 – 1991 гг.
5. Zimmermann U. Mittelalterlicher Bergbau auf Eisen, Blei und Silber begrenzte Mittel und zahlreiche Veränderungen. – Freiburger Online Publikationen.
6. Wiski P. Lehrbuch der Markscheidkunde. 1 T. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1929.
7. Neubert K., Stein W. Plan- und Risskunde. – Bd. 1. – Freiberg, 1958.
8. Ziegenbalg M. Von der Markscheidkunst zur Kunst des Markscheiders // Berichte der Geologischen Bundesanstalt. Band 41, Wien 1997. – S. 267-274.
9. Conrad H.-G. Entwicklungsgeschichte der Tätigkeit und der Hilfsmittel des Markscheiders unter dem Blickwinkel bisher nicht berücksichtigter Quellen // Mitteilungen aus dem Markscheidwesen. – H.4 – 1966. – S. 176-189.
10. Knothe Chr. Markscheiderische Richtungsmessungen im 16. Jahrhundert und die dabei erzielbaren Genauigkeiten. – Neue Bergbautechnik – H. 12 – 1987 – S. 465-471.
11. Шувалов Ю.В., Азимов Р.А.. Горное дело, окружающая среда и человечество: Учеб. пособие. – СПб: СПбГТИ, 2003. – 160 с.
12. Йилек Ф., Куба Й., Йилкова Я. Мировые изобретения в датах. Пер. с чешск. – Ташкент, 1982 – 400 с..
13. Biographical Encyclopedia of Astronomers. – Springer, 2007.

Виктор Александрович Гордеев, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой МД, Уральский государственный горный университет, г.Екатеринбург, тел. +7-343-2577445, E-mail: Gordeev.V@ursmu.ru

УДК 622.142.5

*Т.Б.Рогова, С.В.Карабибер***О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ПРИ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Доказана целесообразность использования методов экстраполяции при геометризации качественных показателей угольных отработываемых месторождений. Установлено, что вблизи контура горных работ горно-геометрическая модель фрагментируется на три зоны, в пределах каждой из которых ее построение должно выполняться различными методами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геометризация; экстраполяция; показатели качества угля; угледобывающие предприятия.

**Т.Б.Рогова****С.В.Карабибер**

Тенденции развития мирового рынка угля и, прежде всего, расширение торговли им на основе длинных контрактов существенным образом усиливают требования к геологическому обеспечению прогнозирования качественных показателей углепродукции на добывающих предприятиях [1]. Если в условиях коротких контрактов представления об ожидаемых качественных характеристиках намечаемого к добыче угля формируются на основе опробования горных выработок, то их прогноз в условиях длинных контрактов опирается уже на геологоразведочную информацию, получаемую по сети опробования значительно меньшей представительности и плотности. Особое значение погрешности прогнозирования качественных свойств угля приобрели в условиях резкого падения цен на уголь, в результате которого рентабельность большинства добывающих предприятий снизилась до 1-2%, а часть из них вообще стали убыточными. А ведь отклонение даже на 1%, например, зольности угля от контрактного значения изменяет его цену на 1,5-2%.

Основой прогнозирования качества угля на продолжительную перспективу являются горно-геометрические модели, отстраиваемые, преимущественно, на основе геологоразведочных данных. На действующих предприятиях параллельно существуют две независимые системы определения качества угля, отличающиеся как по плотности, так и по точности: геологоразведочная сеть кернового опробования и сеть опробования горных выработок. К сожалению, методы геометризации, основанные на сопряженном использовании этих сетей опробования, к настоящему времени практически не разработаны.

В условиях угольных месторождений горно-геометрические модели показателей качества угля отстраиваются классическим детерминистическим методом многогранников [2] в связи с тем, что геостатистические подходы в условиях месторождений этого вида полезных ископаемых оказались не эффективными. Эти методы, равно как и все иные приме-

няемые методы геометризации, основаны на интерполяционных подходах. Альтернативный метод – метод экстраполяции – развития не получил, так как, с одной стороны, традиционно воспринимается как низкоточный, а, с другой – как совершенно не формализованный. Известный научно-обоснованный подход – экстраполирование методом градиентов В.А.Букринского [3] – в условиях угольных месторождений не применим. Экстраполяционный подход (идею которого, по сообщению В.Ф.Турчинского [4], сформулировал проф. П.К.Соболевский примерно в 1906 г.) использовался лишь для построения «эскизных» моделей, позволяющих оптимизировать процесс их дальнейшего горно-геометрического изучения при реализации принципа наименьших работ и при динамическом прогнозировании по методу В.А.Букринского [5].

Представления о низкой точности экстраполяционного подхода, вероятно, вытекают из упрощенного понимания указания В.А.Букринского о том, что погрешность экстраполяции, в отличие от интерполяции, определяется не только погрешностями интерполяции и измерений в «опорном» контуре, по данным которого выполняется экстраполяция, но и «нарушением однородности размещения показателя в области экстраполяции по сравнению с прилегающим к ней разведанным участком» [3]. Отсюда явно следует, что если начинает действовать дополнительный фактор, то подход автоматически становится менее точным.

Однако это далеко не так, поскольку в «опорном» контуре используется более плотная и представительная сеть шахтных измерений с меньшей погрешностью измерений и интерполяции, а за его пределами – более редкая сеть скважинных измерений.

Ясно, что использование сети измерений в горных выработках при геометризации еще неосвоенной части недр может осуществляться исключительно на основе экстраполяции. Но при геометризации таких участков в настоящее время используется не фактический накопленный опыт ведения горных работ, а лишь серия шахтных измерений, расположенных только на границе их ведения, данные по которым используются для выполнения интерполяции между ними и скважинами. Это приводит к «механическому» объединению двух сетей измерений, различных по плотности и по уровню достоверности используемых данных. Негативные последствия такого объединения сетей замеров, хорошо известные в геостатистике [6], и привели к появлению специальных процедур:

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

фильтрации данных, их частичной отбраковки, композированию проб и т.д.

Таким образом, можно выделить три возможных подхода к построению горно-геометрических моделей в намечаемом к отработке контуре:

- по результатам экстраполяции поведения изолиний, построенных по данным шахтных измерений в отработанном контуре (в дальнейшем подход 1);

- по результатам интерполяции между замерами, выполненными в горных выработках и в скважинах (подход 2);

- по результатам интерполяции между замерами, выполненными только в скважинах (подход 3).

Исходя из вполне понятных теоретических представлений, погрешность моделей, построенных с использованием подходов 1 и 2, должна увеличиваться по мере удаления от контура горных работ, а в случае различной динамики ее изменения в подходах, геометризацию разумно выполнять путем их совместного использования.

Исходя из этого, можно предполагать, что в пределах построенной с использованием такого комбинированного подхода модели должны существовать три различных зоны ее достоверности.

В непосредственно примыкающей к контуру горных работ зоне (зона I) наиболее достоверный результат будет получен на основе распространения на нее закономерностей, выявленных только сетью замеров в горных выработках.

Для следующей за ней по удалению от контура горных работ зоне (зона II) разумно предполагать, что

наилучший результат будет получен при совместном учете данных разведки и эксплуатации.

И, наконец, в наиболее удаленной от контура горных работ зоне (зона III) следует ожидать, что учет данных ранее проведенных горных работ уже не будет оказывать значимого влияния на погрешность горно-геометрического моделирования, выполненного только по данным сети разведочных скважин.

Проверка подтверждения сформулированной гипотезы зональности была проведена на основе использования данных кернового опробования и опробования в горных выработках. Суть выполненных исследований достаточно проста и показана на рис.1.

Пусть имеется несколько (как минимум – два) сопряженных, уже отработанных выемочных столба (лава 1 и лава 2 на рис.1). В пределах их контура по данным геологоразведочных скважин и результатам опробования угля в горных выработках можно построить два варианта топографической поверхности изучаемого признака: ожидаемую по данным геологоразведочных работ (рис.1, а) и «фактическую» (рис.1, б).

Точность модели можно оценить среднеквадратической погрешностью, которую несложно получить, если «набросить» на обе топоповерхности идентичную равномерную сетку узлов, определить (путем интерполирования между изолиниями) ожидаемое и «фактическое» значение признака в каждом узле, найти разности этих значений по всем узлам.

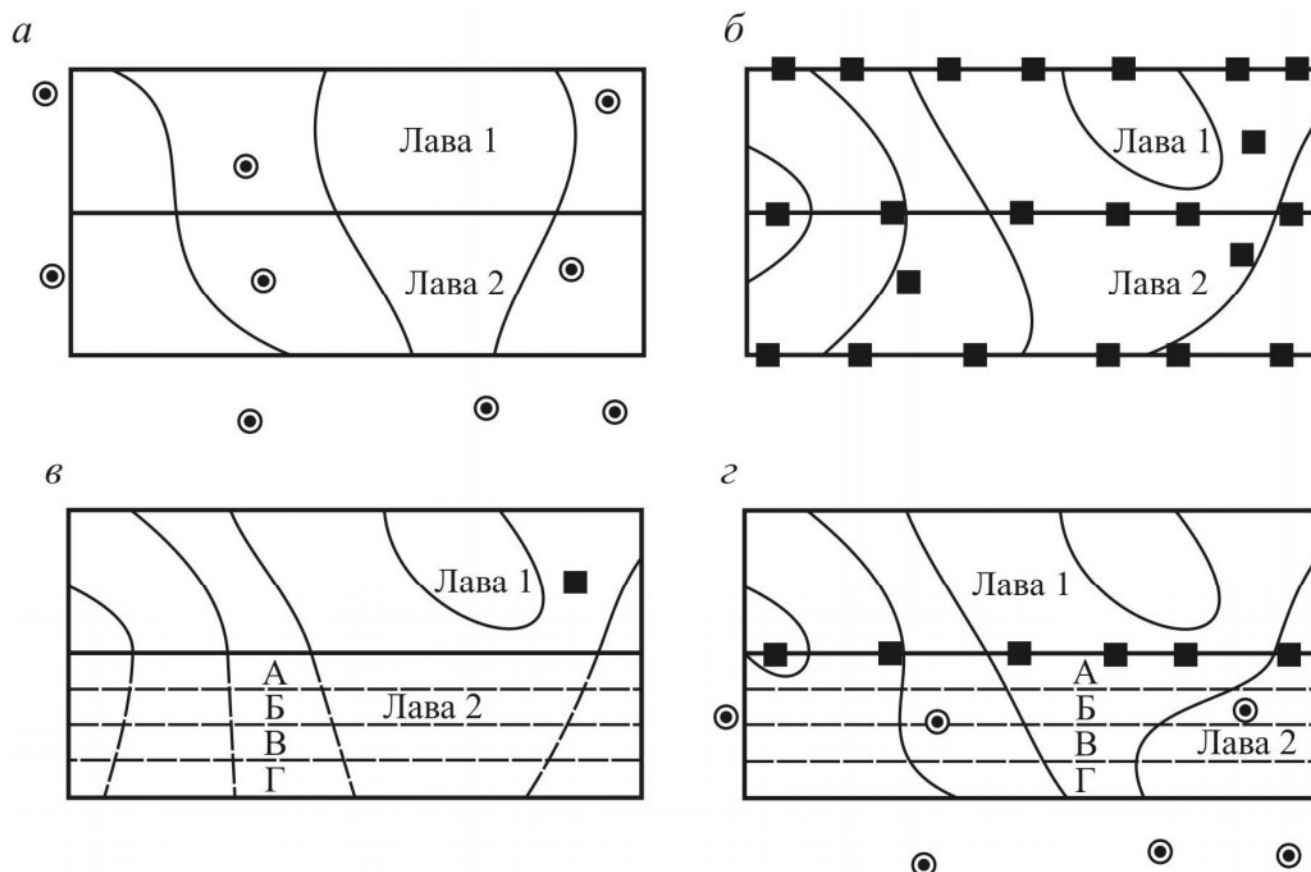


Рис.1. К методике проверки гипотезы о зональности погрешности геометризации геологического признака вблизи контура ведения горных работ

Далее, игнорируя фактические данные по выемочному столбу №2, можно выполнить экстраполяцию фактической топографической поверхности, построенной по выемочной единице №1, на контур выемочного столба №2 и оценить ее точность указанным способом (рассчитать погрешность экстраполяции – рис.1, в). Кроме того, используя данные горных работ по выемочному столбу №1 и данные расположенных за его пределами скважин в пределах контура выемочного столба №2, можно построить еще одну поверхность – поверхность, при построении которой совместно используются данные скважин и замеров в горных выработках (рис.1, г).

Причем, в целях изучения изменения погрешности моделей по мере удаления от контура ведения горных работ, контур выемочного столба №2 предлагается разделить на участки (например, участки А, Б, В и Г на рис.1), и погрешность моделей в пределах каждого участка оценить индивидуально. Это позволит выяснить, какой именно характер имеет изменение погрешностей по мере удаления от границы ведения горных работ.

Для иллюстрации выполненных исследований приведем результаты реализации предложенной выше методики по материалам опробования угля пласта «Полысаевский II» панели №2 поля шахты имени А.Д.Рубана (выемочные столбы №804 и №806).

На рис.2 приведены горно-геометрические модели зольности – одного из самых важных показателей качества (размерность – проценты зольности).

По результатам геометризации каждого из четырех участков выемочного столба №806 (участки А, Б, В и Г) вышеописанным способом были оценены погрешности моделей, изображенных на рис.2, а, в, г (принимая за «истинную» – модель на рис.2, б).

Результаты оценки погрешностей по участкам (полученные на основе определения значений признака в 40 узлах «наброшенной» сети) представлены на рис.3.

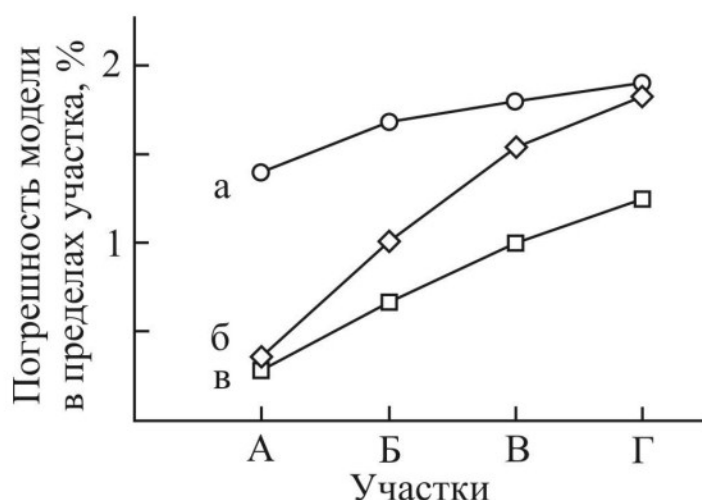


Рис.3. Результаты оценки погрешностей горно-геометрических моделей зольности угля, построенных по данным:

а – геологоразведочных скважин; б – скважин и проб из горных выработок; в – экстраполяции

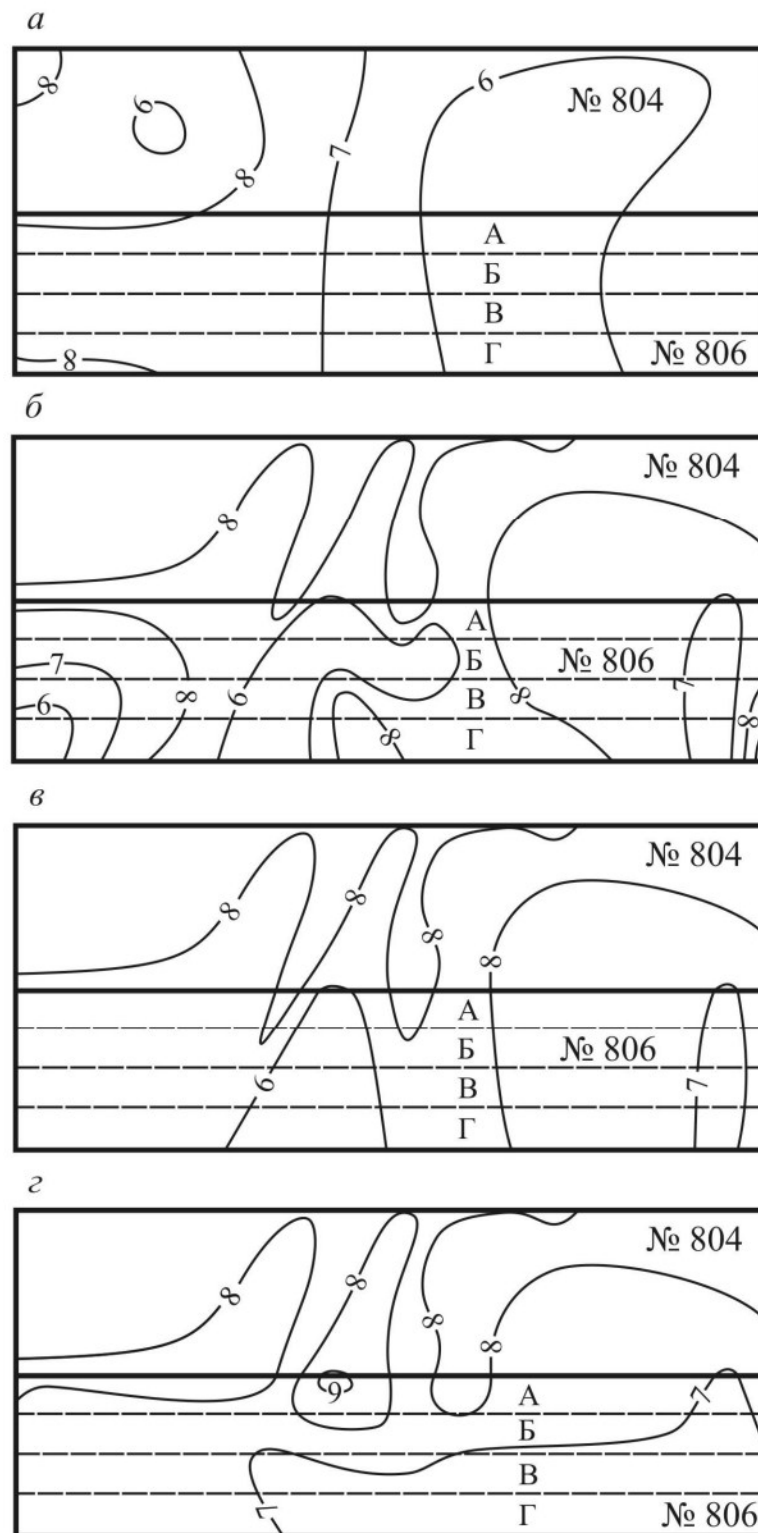


Рис.2. Изолинии зольности пласта «Полысаевский II» в контуре выемочных столбов №804 и №806, построенные по данным:

а – геологоразведочных скважин; б – опробования в горных выработках; в – экстраполяции на контур выемочного столба №806; г – опробования в горных выработках столба №804 и скважин (по выемочному столбу №806)

Из анализа рис.3 следует, что все три гипотетические зоны I, II и III действительно имеют место.

Зона II, в пределах которой совместный учет данных горных и геологоразведочных работ является эффективным, имеет протяженность около 200 м (с учетом 250 метровой протяженности очистных забоев).

Зона I, в границах которой экстраполяция данных горных работ без учета геологоразведочных данных является целесообразной, более протяженна. Ее

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

граница выходит за пределы оцениваемого контура, но позволяет предположить протяженность зоны на уровне 350–400 м. Хотя, учитывая такую неопределенность (которую можно устранить, рассматривая не пару, а целую группу сопряженных выемочных столбов), можно уверенно говорить лишь о том, что ширина этой зоны не меньше 250 м.

Таким образом, при выполнении геометризации зольности в условиях рассматриваемого пласта целесообразно экстраполировать восстановленную по данным горных работ топографическую поверхность зольности на расстояние 250 м от их контура. А затем, рассматривая полученные на границе этой зоны прогнозные значения как аналог шахтных измерений, использовать их совместно с данными скважин для построения прогнозной модели в пределах 200 м удаления от этой границы.

В тех же условиях были проведены исследования другого показателя качества угля – низшей теплоты его сгорания. Результаты оценки погрешностей по участкам представлены на рис.4, анализ которого также указывает на существование всех трех зон I, II и III.

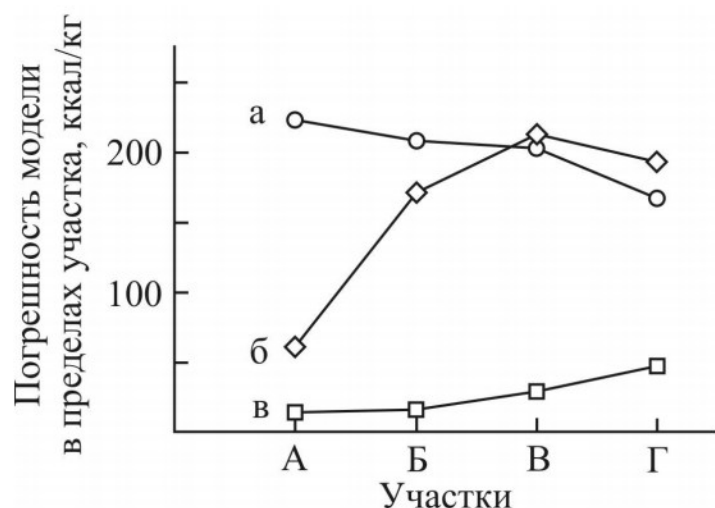


Рис.4. Результаты оценки погрешностей горно-геометрических моделей высшей теплоты сгорания, построенных по данным:

а – геологоразведочных скважин; б – скважин и проб из горных выработок; в – экстраполяции

Различная динамика изменения погрешностей моделей двух рассмотренных признаков связывается с тем, что в данных горных и разведочных работ по величине низшей теплоты сгорания, в отличие от данных о зольности, в пределах оцененного контура прослеживается систематическая составляющая. Ее

наличие повышает предпочтительность применения метода экстраполяции в приконтурной к горным работам зоне.

Таким образом, ранее сформулированную гипотезу зональности погрешностей можно считать обоснованной и доказывающей целесообразность и практическую значимость совершенствования и использования методов экстраполяции при геометризации угольных месторождений.

Разумеется, для обеспечения широкого практического применения экстраполяции необходимо установить порядок определения размеров зон I и II только по данным отработанного контура и формализовать процедуру выполнения экстраполяции.

В соответствии с уже полученными результатами методической основой формализации процесса интерполяции может стать процедура сглаживания построенной по данным горных работ горно-геометрической модели до получения топографической поверхности обладающей, в необходимой мере, выраженными линиментами.

Литература

1. Рогова Т.Б. Учет тенденций развития рынка угля при освоении угольных месторождений / Т.Б.Рогова, С.В.Карабибер, С.В. Шаклеин // *Рациональное освоение недр*. – 2014. – № 2. – С. 40-43.
2. Шаклеин С.В., Рогова Т.Б. Практические вопросы геометризации мощности и основных показателей качества угольных пластов: Учеб. пособие / С.В.Шаклеин, Т.Б.Рогова. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 1997. – 61 с.
3. Букринский В.А. Геометрия недр / В.А.Букринский. М.: Недра, 1985. – 526 с.
4. Турчинский В.Ф. Геометрия съемки поверхностей тел залегания в связи с принципом наименьших работ / В.Ф.Турчинский // *Труды I Всесоюзного горного научно-технического съезда, 14-27 апреля 1926 г, том VII*. – М.: НТУ ВСРХ СССР, 1928. – С. 76–91.
5. Букринский В.А. Прогнозно-динамические методы выявления функций размещения показателей месторождения / В.А.Букринский // *Вопросы маркшейдерско-геологической службы горных предприятий: сборник научных трудов*. – М.: Недра, 1968. – С. 8–25 с.
6. Капутин Ю.Е. Геостатистика в горно-геологической практике / Ю.Е.Капутин, А.И.Ежов, С.Хенли. – Апатиты: Горный институт Кольского научного центра РАН, 1995 – 163 с.

Тамара Борисовна Рогова, д-р техн. наук, профессор кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф.Горбачева, E-mail: rogtb@mail.ru;
Сергей Владимирович Карабибер, главный геолог ОАО «СУЭК-Кузбасс», E-mail: karabiberSV@suek.ru

УДК 622.013.364

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

НОРМИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Предложен метод определения нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых. Разработаны и предложены специализированные программы для расчета нормативов потерь и разубоживания, которые внедрены на рудниках компании «Норильский никель».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нормирование; потери; разубоживание; показатели извлечения



С.А.Вохмин Ю.П.Требуш Г.С.Курчин Е.С.Майоров

В настоящее время в горном производстве существует устойчивая тенденция повышения требований к полному и комплексному использованию запасов минерального сырья и охране природных ресурсов, что обуславливает необходимость расширения области применения в горном производстве методов экономико-математического моделирования качества получаемой продукции [1].

В этой связи на первое место выходят вопросы рационального природопользования и в частности комплексного использования запасов недр. Само это понятие можно определить как комплекс мероприятий, обеспечивающих полное извлечение из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, а также обеспечивающих достоверный учёт этих запасов при разработке месторождений полезных ископаемых [2].

Ретроспективный анализ интенсивного пути развития горного производства во второй половине прошлого века показывает, что большое влияние на величину прибыли при разработке рудных полезных ископаемых оказывают качественные и количественные показатели добычи полезных ископаемых [1]. Это в полной мере относится и к предприятиям, осуществляющим подземную разработку нерудных полезных ископаемых.

Отличием таких предприятий в вопросах нормирования показателей извлечения из недр можно назвать то, что к товарному сырью потребители предъявляют жесткие требования только по содержанию в нем полезных и вредных компонентов. И, зачастую, рост качества товарного сырья не влияет на его реализационную стоимость. Оно либо устраивает потребителей при соответствии содержания компонентов, либо нет, если содержание какого либо компонента не соответствует требованиям. Это потребовало обосновать условия предельного разубоживания полезного ископаемого в товарной продукции, а именно – товарное сырье допустимо разубоживать до уровня требуемого содержания в нем вредных примесей и полезных компонентов. При несоблюдении этого условия товарное сырье теряет потребительскую ценность и вся партия относится в потери [3-7].

Таким образом, для месторождений нерудного сырья, нормирование показателей извлечения из недр должно сводиться к расчёту максимально возможного количества прихвата вмещающих пород при соблюдении требуемого содержания в товарном сырье полезных компонентов и вредных примесей, то есть к расчету только уровня разубоживания. Нормативная величина потерь опосредованно соответствует рассчитанному по предельному разубоживанию контуру ведения горных работ.

Содержание учитываемых компонентов в товарном сырье соответствует средневзвешенной величине между его содержанием в продуктивной части и в прихватываемой породе по отношению к площади поперечного сечения выработки, и зависимость для определения текущего содержания компонента в товарном сырье имеет следующий вид:

$$a = \frac{S_n \times v + S_{nu} \times c}{S_g}, \%, \quad (1)$$

где S_g – площадь поперечного сечения выработки, m^2 ; S_n – площадь подработки породы в сечении выработки, m^2 ; S_{nu} – площадь полезного ископаемого в сечении выработки, m^2 ; c – содержание полезного компонента в балансовых запасах, %; v – содержание полезного компонента во вмещающих породах, %.

Ограничением по содержанию компонентов является предельное содержание учитываемого компонента в товарной массе (a_{don}). Тогда выражение примет вид:

$$a_{don} = \frac{(S_g - S_n) \times c + S_n \times v}{S_g}; \quad (2)$$

отсюда

$$\frac{S_n}{S_g} = \frac{c - a_{don}}{c - v} = \chi, \quad (3)$$

где χ – показатель оптимального содержания компонентов в товарном сырье, позволяющий определять нормативный уровень разубоживания на геологических контактах при отработке запасов нерудного сырья, в условиях заданного содержания регламентированного компонента в товарной продукции.

Использование этого показателя позволяет установить при отработке запасов нерудного сырья нормативные уровни как разубоживания, так и потерь при добыче [3-7].

Рассмотрим нормирование показателей извлечения при подземной разработке месторождений нерудного сырья применительно к камерно-столбовой системе – одной из наиболее часто применяемых и производительных, а также конструктивно простых систем с открытым выработанным пространством. Выемка полезного ископаемого камерами большой

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

ширины создает благоприятные условия для работы современного самоходного оборудования и обеспечивает высокую производительность труда и интенсивность очистной выемки.

Отработка камер может производиться в одну стадию с отбойкой полезного ископаемого одновременно на всё сечение камеры, а также в две и более стадий, когда осуществляется опережающая выемка запасов проходкой нарезных выработок, по почве или кровле залежи, с последующей выемкой основных запасов камеры.

Расчёт показателей извлечения при отработке запасов камеры в две и более стадии сводится к определению максимального объёма прирезаемых пород отдельно по каждой стадии на величину погашаемых запасов в этой стадии, что показано в работах [3,5-7].

Особый интерес представляет нормирование показателей извлечения при выемке запасов камер в одну стадию.

В зависимости от содержания полезных компонентов во вмещающих породах возможны следующие варианты:

- содержание полезного компонента во вмещающих породах по кровле (ϵ_k) залежи равно содержанию полезного компонента во вмещающих породах по почве (ϵ_n) залежи ($\epsilon_k = \epsilon_n$);

- содержание полезного компонента во вмещающих породах по кровле (ϵ_k) залежи не равно содержанию полезного компонента во вмещающих породах по почве (ϵ_n) залежи ($\epsilon_k \neq \epsilon_n$).

Для этих условий авторами предложена расчётная схема (рис.1) и обоснован методический подход к обоснованию нормативных уровней потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Сущность методического подхода заключается в следующем.

1. Расчёт объёмов прирезаемых пород производится отдельно по кровле и почве залежи по критерию предельно допустимого содержания полезного компонента в товарной продукции.

2. В пределах камеры выделяется, так называемая, «нулевая мощность» залежи (m_0), ограниченная контактами вмещающих пород, в пределах которой нет прихвата вмещающих пород, то есть не происходит разубоживание полезного ископаемого (рис.1). Величина этой мощности устанавливается из выражения:

$$m_0 = m - 0,5 \times (b \times \operatorname{tg} \alpha_{\epsilon} + b \times \operatorname{tg} \alpha_n), \text{ м}, \quad (4)$$

где m – мощность залежи, м; b – ширина камеры, м; α_{ϵ} и α_n – углы падения по кровле и по почве залежи, град.

3. Запасы камеры по мощности разделяются на подкровельные запасы и припочвенные запасы, на величину которых проводится расчёт объёмов прирезаемых пород.

Мощность подкровельных ($h_{\epsilon/\epsilon}$) и припочвенных ($h_{\epsilon/n}$) запасов устанавливается по зависимостям:

$$h_{\epsilon/\epsilon} = m_{0/\epsilon} + \frac{b \times \operatorname{tg} \alpha_{\epsilon}}{2}, \text{ м}, \quad (5)$$

$$h_{\epsilon/n} = m_{0/n} + \frac{b \times \operatorname{tg} \alpha_n}{2}, \text{ м}, \quad (6)$$

где $h_{\epsilon/\epsilon}$ и $h_{\epsilon/n}$ – мощность подкровельных запасов ($h_{\epsilon/\epsilon}$) и припочвенных запасов ($h_{\epsilon/n}$) для расчёта нормативной величины подработки пород, м; $m_{0/\epsilon}$ и $m_{0/n}$ – часть «нулевой мощности», приходящаяся на подкровельные запасы или припочвенные запасы соответственно.

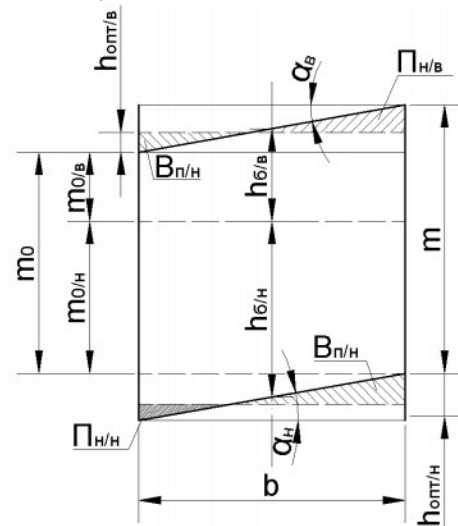


Рис.1. Схема к расчету оптимальных контуров отработки

b – ширина выработки; α_{ϵ} и α_n – углы падения по кровле и по почве залежи; m – мощность залежи; m_0 – «нулевая» мощность балансовых запасов; $m_{0/\epsilon}$ и $m_{0/n}$ – «нулевая» мощность балансовых запасов по кровле и почве залежи; $h_{\epsilon/\epsilon}$ и $h_{\epsilon/n}$ – мощность подкровельных и припочвенных запасов; $h_{опт/ε}$ и $h_{опт/n}$ – оптимальный контур отработки по кровле и по почве залежи; $\Pi_{н/ε}$, $\Pi_{н/n}$ – величина потерь по кровле и по почве, $B_{п/ε}$ и $B_{п/n}$ – величина прирезаемых пород по кровле и по почве

Значения $m_{0/\epsilon}$ и $m_{0/n}$ устанавливаются из выражений:

- при расчёте по отношению содержания полезного компонента в кровле к содержанию полезного компонента в почве:

$$i_{\epsilon/n} = \frac{\epsilon_k}{\epsilon_n}; \quad (7)$$

$$m_0 = m_{0/\epsilon} + m_{0/n}, \text{ м}; \quad (8)$$

$$m_{0/n} = \frac{m_0}{1 + i_{\epsilon/n}}, \text{ м}; \quad (9)$$

$$m_{0/\epsilon} = \frac{m_0 \times i_{\epsilon/n}}{1 + i_{\epsilon/n}}, \text{ м}, \quad (10)$$

где $i_{\epsilon/n}$ – индекс контрастности по содержанию полезного компонента во вмещающих породах по кровле и почве залежи;

- при расчёте по отношению содержания полезного компонента в почве к содержанию полезного компонента в кровле:

$$i_{н/\epsilon} = \frac{\epsilon_n}{\epsilon_k}; \quad (11)$$

$$m_0 = m_{0/\epsilon} + m_{0/n}, \text{ м}; \quad (12)$$

$$m_{0/\epsilon} = \frac{m_0}{1 + i_{н/\epsilon}}, \text{ м}; \quad (13)$$

$$m_{0/n} = \frac{m_0 \times i_{н/\epsilon}}{1 + i_{н/\epsilon}}, \text{ м}, \quad (14)$$

где $i_{н/в}$ – индекс контрастности по содержанию полезного компонента во вмещающих породах по почве и кровле залежи.

4. Устанавливаются контуры отработки запасов по кровле и почве залежи в пределах камеры, соответствующие максимальной величине добываемого полезного ископаемого с кондиционным содержанием полезного компонента, по формулам:

$$h_{онм/в} = 0,5 \times \left(\frac{2\chi_v b \operatorname{tg}\alpha_v + \sqrt{4\chi_v b \operatorname{tg}\alpha_v (\chi_v b \operatorname{tg}\alpha_v + 2h_{б/в} - b \operatorname{tg}\alpha_v)}}{2\chi_v b \operatorname{tg}\alpha_v} \right), \text{ м; } (15)$$

$$h_{онм/н} = 0,5 \times \left(\frac{2\chi_n b \operatorname{tg}\alpha_n + \sqrt{4\chi_n b \operatorname{tg}\alpha_n (\chi_n b \operatorname{tg}\alpha_n + 2h_{б/н} - b \operatorname{tg}\alpha_n)}}{2\chi_n b \operatorname{tg}\alpha_n} \right), \text{ м, } (16)$$

где χ_v и χ_n – показатель оптимального содержания компонентов в товарном сырье по кровле и почве залежи, рассчитанный по формуле (3):

$$\chi_v = \frac{c - a_{дон}}{c - e_k}; \quad (17)$$

$$\chi_n = \frac{c - a_{дон}}{c - e_n}. \quad (18)$$

5. Рассчитываются объемы прирезаемых пород по кровле и почве залежи в пределах камеры и соответствующие им величины потерь полезного ископаемого:

величина прирезаемых пород по кровле:

$$B_{н/в} = \frac{h_{онм/в}^2 \times L_v \times \gamma_n}{2 \times \operatorname{tg}\alpha_k}, \text{ т; } (19)$$

величина прирезаемых пород по почве:

$$B_{н/н} = \frac{h_{онм/н}^2 \times L_v \times \gamma_n}{2 \times \operatorname{tg}\alpha_n}, \text{ т; } (20)$$

величина потерь по кровле:

$$П_{н/в} = \frac{(b \times \operatorname{tg}\alpha_k - h_{онм/в})^2 \times L_v \times \gamma_{ни}}{2 \times \operatorname{tg}\alpha_k}, \text{ т; } (21)$$

величина потерь по почве:

$$П_{н/н} = \frac{(b \times \operatorname{tg}\alpha_n - h_{онм/н})^2 \times L_v \times \gamma_{ни}}{2 \times \operatorname{tg}\alpha_n}, \text{ т, } (22)$$

где L_v – длина выработки (камеры), м; $\gamma_{ни}$ – объемная плотность вмещающих пород, т/м³.

6. Определяется количество добываемого полезного ископаемого в пределах камеры. Расчет производится по условию достижения максимума добытого товарного сырья ($D \rightarrow \max$) при условии обеспечения в ней регламентированного содержания компонентов:

$$D = B - \sum П + \sum B, \text{ т, } (23)$$

где

$$\sum П = П_{н/в} + П_{н/н}, \text{ т; } (24)$$

$$\sum B = B_{н/в} + B_{н/н}, \text{ т; } (25)$$

$$B = m_0 \cdot b + \frac{b^2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_v}{2} + \frac{b^2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_n}{2}, \text{ т. } (26)$$

Таким образом, предлагаемый метод определения нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых позволяет обеспечить максимальное количество добытой товарной продукции, что в условиях добычи нерудного строительного сырья соответствует максимуму прибыли с 1 т погашаемых балансовых запасов [6]. Следовательно, обеспечивается максимально эффективная отработка месторождения, а значит и рациональное использование природных ресурсов, что является на сегодняшний день одним из приоритетных направлений [9].

На основании вышеизложенного метода разработаны и в установленном порядке внедрены специализированные программы для расчета нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых в условиях рудников «Ангидрит» и «Известняков» ЗФ ОАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель».

Литература

1. Голик В.И. Повышение качества эксплуатации недр как направление укрепления минерально-сырьевой базы горного производства / В.И.Голик, В.И.Комашенко, С.И.Масленников // Маркшейдерия и недропользование, №6, 2011 с.8-12.
2. Дудиков М.В. Законодательство Российской Федерации о недрах в системе российского права / Маркшейдерия и недропользование, №2, 2013 – с. 37-42.
3. Вохмин С.А. Нормирование показателей извлечения из недр при отработке месторождений строительного сырья подземным способом / С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, Г.С.Курчин, Е.С.Майоров // Маркшейдерский вестник, №1 -2011 –с. 28-32.
4. Вохмин С.А. Нормирование показателей извлечения из недр для камерных систем с траншейным рудопородным днищем / С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, Г.С.Курчин, Е.С.Майоров // Маркшейдерский вестник, №2 -2013 – с. 12-15.
5. Вохмин С.А. Расчет показателей извлечения при отработке приконтактных зон месторождений нерудного сырья / С.А.Вохмин, Н.Х.Загиров, Г.С.Курчин, Ю.П.Требуш // Маркшейдерия и недропользование, №2 -2010 – с. 18-20.
6. Вохмин С.А. Методический подход к определению нормативных величин показателей извлечения нерудного сырья / С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, В.Л.Ермолаев, Е.Г.Малиновский, Г.С.Курчин // Маркшейдерия и недропользование, №6–2009 –с. 44-50.
7. Курчин Г.С. Повышение эффективности подземной отработки нерудных залежей / Г.С.Курчин, С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш // Lambert academic publishing GmbH & Co KG- Saarbruecken, 2011, - 162с. ISBN 978-3-8454-4140-5.
8. Вохмин С.А. Методические основы нормирования потерь и разубоживания при отработке месторождений строительного сырья подземным способом / С.А.Вохмин, Ю.П.Требуш, Г.С.Курчин, Е.С.Майоров // Вестник МГТУ им.Г.И.Носова, - Магнитогорск, 2011 - №3 –с.39-42.
9. Указ Президента РФ №899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» от 07.07.2011.

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

Юрий Прокопьевич Требуш, доцент кафедры;

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 (ИГДГиГ СФУ)

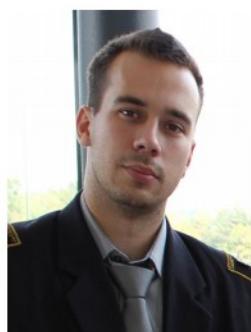
УДК 528.721.221.6:528.8.042

Выстрчил М.Г.

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ВНЕШНЕГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НАЗЕМНЫМИ ЛАЗЕРНО-СКАНИРУЮЩИМИ СИСТЕМАМИ

Описан метод априорной оценки погрешности элементов внешнего ориентирования сканов, ориентируемых по опорным точкам (маркам внешнего ориентирования). Приведены результаты моделирования, а также их анализ и результирующие выражения. Представленные зависимости могут использоваться при составлении проектов маркшейдерских работ и нормативных документов, а так же планировании и проведении наземной лазерно-сканирующей съемки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: наземная лазерно-сканирующая съемка; внешнее ориентирование сканов; погрешность элементов внешнего ориентирования.



Создаваемые при лазерно-сканирующей съемке модели объектов формируются из множества независимых сканов, производимых с различных точек установки прибора (станций сканирования). При этом изначально каждый скан находится в собственной, условной, системе координат. Приведению исходной системы координат скана к целевой служит задача внешнего ориентирования.

Решение данной задачи требует определения 3 угловых и 3 линейных элементов внешнего ориентирования, выражающих величину необходимой трансформации. Погрешности элементов внешнего ориентирования могут многократно превышать паспортную точность прибора и являться основной причиной погрешности создаваемой модели.

В настоящее время наиболее распространенный способ внешнего ориентирования сканов основан на наборе стационарно закрепленных в пространстве опорных точек, координаты которых известны в исходной и целевой системах координат. При этом расположение опорных точек относительно лазерно-сканирующей системы можно принять мерой обусловленности сети, характеризующей влияние на точность ориентирования ошибок, присутствующих в исходных данных.

Фактически, при допущении об безошибочном определении опорных точек в исходной и целевой системах координат, элементы внешнего ориентирования будут определены безошибочно при условии, что расположение опорных точек не сводит уравнения (1) к линейно-зависимому виду (эффект «прямой линии») [4]:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= X_0 + a_1 X + a_2 Y + a_3 Z - X_{\text{вн}} = 0 \\ F_2 &= Y_0 + b_1 X + b_2 Y + b_3 Z - Y_{\text{вн}} = 0 \\ F_3 &= Z_0 + c_1 X + c_2 Y + c_3 Z - Z_{\text{вн}} = 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $X_{\text{вн}}$, $Y_{\text{вн}}$, $Z_{\text{вн}}$ и X , Y , Z – соответственно координаты опорных точек скана в целевой и исходной системах координат; X_0 , Y_0 , Z_0 – линейные элементы внешнего ориентирования; a_1 , a_2 , $a_3, \dots$, c_3 – функции от угловых элементов внешнего ориентирования, определяющие

требуемый разворот координатных осей.

Наиболее существенное влияние на общую величину и распределение погрешности определения элементов внешнего ориентирования оказывает площадь, образуемая между марками внешнего ориентирования, которая может быть выражена через удаление марок от лазерно-сканирующей системы и величину горизонтального угла, образуемого ими.

Исходя из этого, в качестве анализируемых геометрических конфигураций были выбраны схемы, приведенные на рис.1.

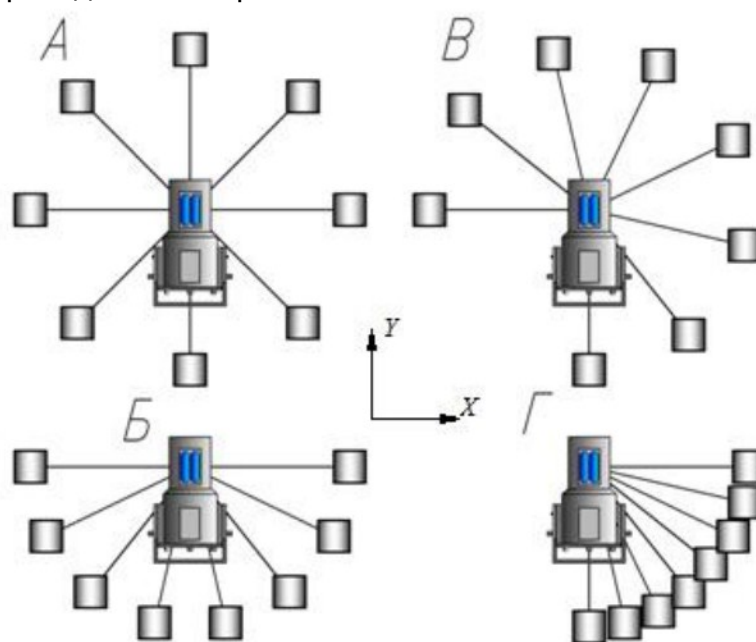


Рис.1. Исследуемые схемы расположения марок внешнего ориентирования относительно лазерно-сканирующей системы

В каждой исследуемой схеме участвует восемь марок внешнего ориентирования (количество марок, рекомендуемое производителями лазерно-сканирующих систем и специалистами, производящими лазерно-сканирующую съемку), распределенных радиально и равномерно, на одинаковом удалении относительно начала системы координат, соответствующего положению лазерно-сканирующей системы.

Дистанция R , определяющая удаление марок внешнего ориентирования от лазерно-сканирующей системы, принималась равной 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100 м. Удаление марок внешнего ориентирования на

дистанцию, превышающую 100 м, не рассматривалось, так как оно является эргономически неэффективным, как с точки зрения времени дешифрирования марок, так и времени, необходимого на их установку и снятие.

Нахождение погрешности элементов внешнего ориентирования производилось статистическим методом Монте-Карло, для чего в координаты марок исследуемой схемы по закону нормального распределения вносились ошибки, соответствующие общей погрешности определения координат марок в исходной и целевой системах координат [3]:

$$M_{XYZ}^2 = m_{M_{СКАНЕРА}}^2 + m_{M_{ВНЕШНЯЯ}}^2, \quad (2)$$

где M_{XYZ} – общая погрешность в определении координат марок, обусловленная погрешностью определения координат марок внешнего ориентирования в исходной и внешней системе координат; $m_{M_{СКАНЕРА}}$ – погрешность определения координаты марки внешнего ориентирования сканером; $m_{M_{ВНЕШНЯЯ}}$ – погрешность определения координат марок внешнего ориентирования во внешней системе координат.

Так как над системами координат не производилось никаких трансформаций (кроме внесения погрешности в определении координат марок внешнего ориентирования), истинные значения величин всех шести элементов внешнего ориентирования равны нулю. Следовательно, полученные во время уравнивания значения элементов внешнего ориентирования будут равны погрешности определения соответствующих элементов при ориентировании моделей по моделируемой конфигурации марок и заданному значению погрешности в определении координат марок.

Из выражения (2) видно, что общая погрешность в определении координат марок M_{XYZ} стремится к минимально возможному значению при стремящейся к нулю погрешности определения координат марок во внешней системе. Погрешность M_{XYZ} в этом случае будет соответствовать погрешности определения координат марки внешнего ориентирования лазерно-сканирующей системой, величина которой имеет конечное для пары марка-сканер значение [2].

Из этого следует, что максимально возможная точность вычисления элементов внешнего ориентирования, определяемых по маркам внешнего ориентирования, является фиксированной величиной, значение которой зависит от точности определения координат марок внешнего ориентирования в исходной (внутренней) системе координат и их расположения относительно лазерно-сканирующей системы.

В большинстве программных продуктов, производящих внешнее ориентирование сканов, помимо результирующей матрицы трансформации координат, выводится информация о величине среднего расхождения между значениями координат марок внешнего ориентирования во внешней и исходной системах координат, полученных после произведенной трансформации.

Анализ данной величины показал, что при ориентировании сканов с количеством участвующих марок внешнего ориентирования более четырех, данную величину можно принять приблизительно равной общей погрешности определения марок внешнего ориентирования – M_{XYZ} .

При моделировании в качестве задаваемых величин общей погрешности M_{XYZ} принимались следующие значения:

- минимально возможное значение M_{XYZ} , принимаемое равным $m_{M_{СКАНЕРА}}^2$, для моделируемого удаления марки внешнего ориентирования от лазерно-сканирующей системы;

- значение, равное $2m_{M_{СКАНЕРА}}^2$, соответствующее M_{XYZ} при проведении лазерно-сканирующего хода, в котором координаты марок внешнего ориентирования в исходной и внешней системе координат определяются автоматически лазерно-сканирующей системой;

- значение $M_{XYZ} = 0.02$ м;

- значение $M_{XYZ} = 0.03$ м, соответствующее среднему расхождению в значениях координат марок по результатам ориентирования моделей, полученных в результате полевых работ.

Погрешности определения элементов внешнего ориентирования, полученные в результате моделирования ситуаций «А», «Б», «В», «Г» (рис.1) при задаваемой погрешности, соответствующей точности определения марок внешнего ориентирования $M_{XYZ} = m_{M_{СКАНЕРА}}^2$, представлены в табл.1.

Анализируя полученные результаты, можно заметить, что во всех четырех ситуациях погрешность определения линейных элементов внутреннего ориентирования X_0 и Y_0 , отвечающих за смещение системы координат вдоль горизонтальных осей X и Y , не превышает величины заданной погрешности определения марок внешнего ориентирования и находится в пределах точности измерения расстояния лазерно-сканирующей системой. Аналогичная ситуация наблюдается с линейным элементом внутреннего ориентирования Z_0 , отвечающим за сдвиг системы координат вдоль оси Z , для случаев «А», «Б», «В», при которых марки внешнего ориентирования лежат в секторе, превышающем 180° , образуя тем самым значительную площадь между собой. В моделируемой ситуации «Г» марки внешнего ориентирования, лежащие на дуге, центральный угол которой равен 90° , образуют между собой значительно меньшую площадь, тем самым моделируемая ситуация находится в положении, близком к «прямой линии», выступающей в качестве «шарнира», что приводит к увеличению погрешности определения элемента Z_0 . Для снижения данного эффекта, когда расположение марок внешнего ориентирования близко к линии, рекомендуется выставлять хотя бы одну марку вблизи лазерно-сканирующей системы, увеличивая тем самым площадь, образуемую марками, и повышая «жесткость» получаемой конфигурации.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Таблица 1

Погрешности определения элементов внешнего ориентирования для моделируемой ситуации «А», «Б», «В», «Г» (рис.1)

Моделируемая ситуация "А"						
R	$m\varepsilon$ (сек)	$m\eta$ (сек)	$m\xi$ (сек)	mX_0 (мм)	mY_0 (мм)	mZ_0 (мм)
10	112	102	78	2	3	3
25	39	38	40	4	4	4
50	22	20	15	4	5	4
75	13	16	12	4	4	4
100	11	14	11	4	5	4
Моделируемая ситуация "Б"						
R	$m\varepsilon$ (сек)	$m\eta$ (сек)	$m\xi$ (сек)	mX_0 (мм)	mY_0 (мм)	mZ_0 (мм)
10	161	92	297	10	7	6
25	83	42	48	3	5	6
50	30	21	23	3	4	6
75	31	20	18	4	5	7
100	25	15	11	5	6	7
Моделируемая ситуация "В"						
R	$m\varepsilon$ (сек)	$m\eta$ (сек)	$m\xi$ (сек)	mX_0 (мм)	mY_0 (мм)	mZ_0 (мм)
5	244	231	133	3	4	4
10	96	139	82	3	3	3
25	41	48	33	4	3	3
50	24	23	17	3	3	4
75	13	16	11	4	4	5
100	10	9	6	4	4	3
Моделируемая ситуация "Г"						
R	$m\varepsilon$ (сек)	$m\eta$ (сек)	$m\xi$ (сек)	mX_0 (мм)	mY_0 (мм)	mZ_0 (мм)
5	942	1013	324	6	5	28
10	508	465	169	7	6	27
25	202	198	62	6	6	29
50	102	83	33	6	6	27
75	50	56	21	6	6	22
100	53	59	14	6	4	33

Рассматривая величины погрешности определения угловых элементов внешнего ориентирования ε и η , отвечающих за разворот вокруг горизонтальных осей X и Y , можно отметить, что в ситуациях «А», «В» и «Г», в которых расположение марок внешнего ориентирования симметрично относительно координатных осей, величины погрешности для конкретного положения марок принимают примерно равные значения. Так же, в случаях «А» и «В», можно наблюдать близость значений погрешности определения вышеозначенных элементов ориентирования для соответствующих удалений от лазерно-сканирующей системы. Аналогичные значения принимает погрешность

элемента внешнего ориентирования η , в моделируемой ситуации «Б», в которой длина проекции марок внешнего ориентирования на ось координат X , равняется величинам проекций для ситуаций «А» и «В».

Таким образом, для выявления общей закономерности изменения погрешностей определения угловых элементов внешнего ориентирования целесообразно рассматривать их зависимость не от удаления марок внешнего ориентирования от лазерно-сканирующей системы, а от величины проекции, образованной марками внешнего ориентирования на соответствующие координатные оси.

Приняв в качестве аргумента функции значение величины проекции периферийных марок внешнего ориентирования на ось координат L (рис.2), а в качестве значения функции соответствующее значение погрешности для данной оси, получаем зависимость, представленную на рис.2.

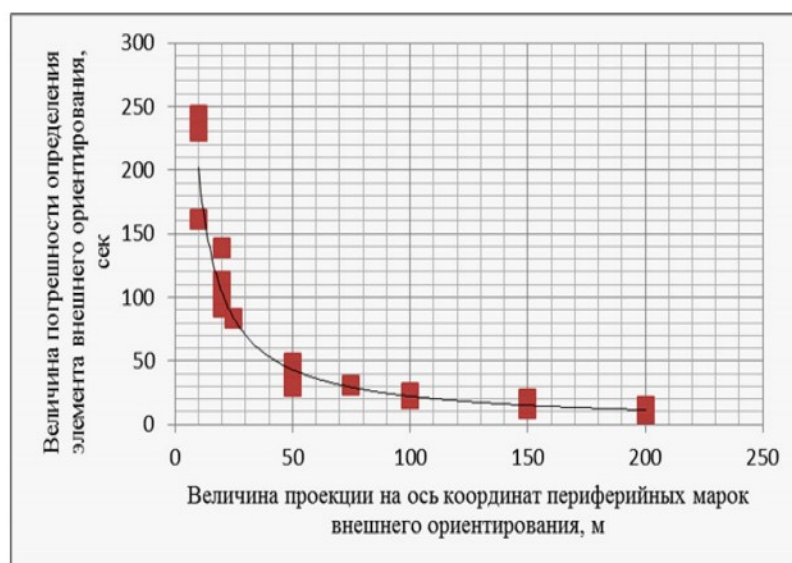


Рис.2. Зависимость погрешности определения угловых элементов ε и η от величины проекции на соответствующие оси координат периферийных марок внешнего ориентирования

Полученную зависимость лучше всего аппроксимирует степенная функция вида:

$$m_{\varepsilon, \eta} = AL^B, \quad (3)$$

где $m_{\varepsilon, \eta}$ — значение погрешности элементов внешнего ориентирования ε и η ; L — длина проекции периферийных марок внешнего ориентирования на соответствующую ось координат.

Представив погрешность определения угловых элементов внешнего ориентирования ε и η для всех исследуемых значений общей погрешности определения марок внешнего ориентирования, получим следующие зависимости, представленные на рис.3.

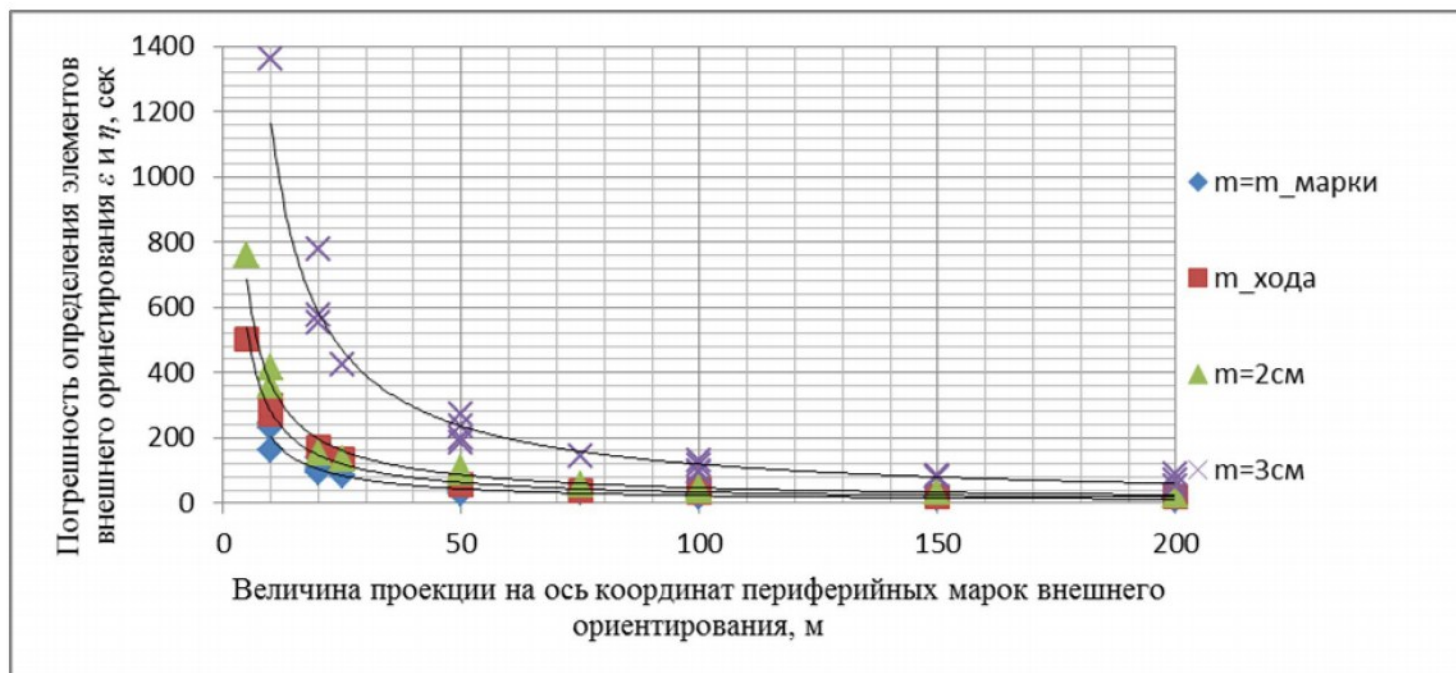


Рис.3. Зависимости погрешности определения угловых элементов ε и η от величины проекции на соответствующие оси координат периферийных марок внешнего ориентирования для исследуемых величин погрешности определения марок внешнего ориентирования

Для каждой зависимости была подобрана аппроксимирующая степенная функция вида (3), значения коэффициентов A и B которых (а так же значение квадрата коэффициента их корреляции R^2) представлены в табл.2.

Таблица 2

Значения подобранных коэффициентов аппроксимирующих функций вида (3)

m	A	B	R^2
марки	1839,7	-0,96	0,9737
хода	2428,7	-0,935	0,9874
2 см	2929,3	-0,902	0,9829
3 см	11437	-0,992	0,9651

После анализа полученных функций была установлена зависимость вида (4), наиболее точно обобщающая полученные результаты моделирования:

$$m_{\varepsilon,\eta} = \arctg\left(\frac{M_{XYZ}}{L}\right) \approx \rho \frac{M_{XYZ}}{L}, \quad (4)$$

где $m_{\varepsilon,\eta}$ – значение погрешности угловых элементов внешнего ориентирования ε и η ; M_{XYZ} – общая погрешность в определении координат марок, обусловленная погрешностью определения координат марок внешнего ориентирования в исходной и внешней системе координат (2); L – длина проекции периферийных марок внешнего ориентирования на соответствующую ось координат.

Выражение (4) справедливо для случаев, когда общая погрешность определения линейных элементов внешнего ориентирования не превышает M_{XYZ} , другими словами, выполняется условие:

$$(m_{X_0}^2 + m_{Y_0}^2 + m_{Z_0}^2) \leq M_{XYZ}^2, \quad (5)$$

где m_{X_0} , m_{Y_0} и m_{Z_0} – погрешности определения линейных элементов внешнего ориентирования X_0 , Y_0 и Z_0 .

В случае, когда условие (5) не выполняется, погрешность в определении положения лазерно-сканирующей системы начинает оказывать собственное влияние на погрешность угловых элементов внешнего ориентирования ε и η . Исходя из этого, вычисление ожидаемой погрешности элементов внешнего ориентирования может быть приблизительно произведено по выражению:

$$m_{\varepsilon,\eta} \cong \arctg\left(\frac{\sqrt{m_{X_0}^2 + m_{Y_0}^2 + m_{Z_0}^2}}{L}\right) \approx \rho \frac{\sqrt{m_{X_0}^2 + m_{Y_0}^2 + m_{Z_0}^2}}{L}. \quad (6)$$

Анализ погрешности азимутального элемента внешнего ориентирования ξ , отвечающего за разворот вокруг вертикальной оси Z , показал, что погрешность данного элемента не превышает во всех рассматриваемых случаях значений погрешности остальных угловых элементов внешнего ориентирования и уменьшается в соответствии со степенной функцией вида (3) при увеличении дистанции, разделяющей марки внешнего ориентирования от лазерно-сканирующей системы.

Полученные зависимости изменения погрешности элемента ξ при удалении марок внешнего ориентирования от лазерно-сканирующей системы и задаваемой погрешности, равной точности определения марок, для моделируемых ситуаций «А», «Б», «В», «Г» показаны на графике, изображенном на рис.4.

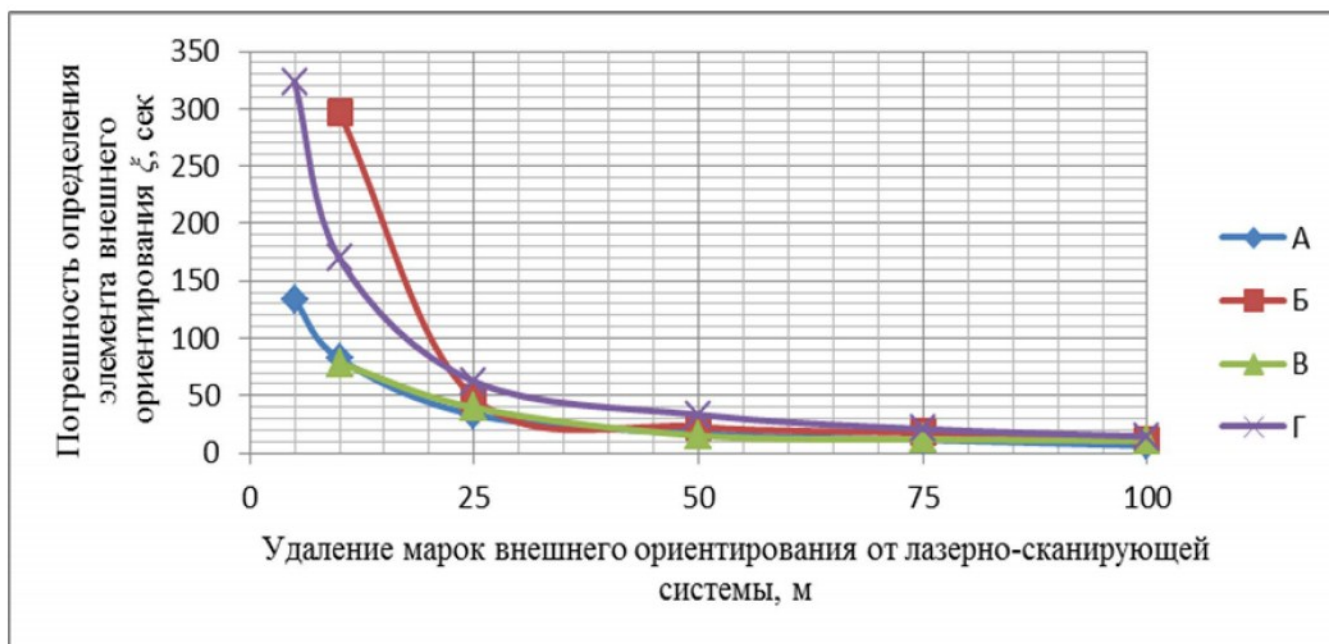


Рис.4. Зависимость погрешности определения углового элемента ξ от удаления марок внешнего ориентирования от лазерно-сканирующей системы

Анализируя полученные зависимости, можно сделать заключение о минимально допустимой дистанции, разделяющей марки внешнего ориентирования от лазерно-сканирующей системы. При удалении марок внешнего ориентирования на расстояние менее 25 м наблюдается резкое увеличение погрешности азимутального элемента внешнего ориентирования ξ , в то время как при удалении марок за указанный порог погрешность элемента ξ линейно снижается при увеличении дистанции, разделяющей марки от сканера.

Увеличение общей погрешности определения марок внешнего ориентирования M_{XYZ} оказывает аналогичное влияние на определение элемента ξ , как и в случае остальных угловых элементов внешнего ориентирования ε и η , позволяя принять для него вышеописанные выводы.

Проверка справедливости выражений (4) и (6), производилась путем сравнения полученных по ним результатов со значениями, определенными способом Монте-Карло. Проверка производилась для конфигураций марок внешнего ориентирования, полученных в результате реальных полевых работ.

В качестве исходных конфигураций марок внешнего ориентирования принимались фактические положения марок, полученные при съемке отвалов ОАО «БМУ» и ООО «Метаким». Пример схемы расположения марок внешнего ориентирования в плане показан на рис.5.

Значение погрешностей для шести конфигураций марок, полученных по величинам длин проекций марок внешнего ориентирования на оси координат и по методу Монте-Карло, а также расхождения в их значениях приведены в табл.3.

Анализируя полученные результаты видно, что расхождения в значениях полученных погрешностей не превышают 8", что говорит о согласованности

предлагаемых способов оценки величин погрешностей элементов внешнего ориентирования. Следует отметить, что хотя в моделируемых ситуациях, приведенных на рис.1, марки внешнего ориентирования находились на одной высотной отметке, в фактических положениях, полученных по результатам натурных съемок, превышение между отдельными марками достигало 25 м. Из этого можно сделать вывод о незначительном влиянии превышения между марками внешнего ориентирования на итоговую точность внешнего ориентирования сканов.

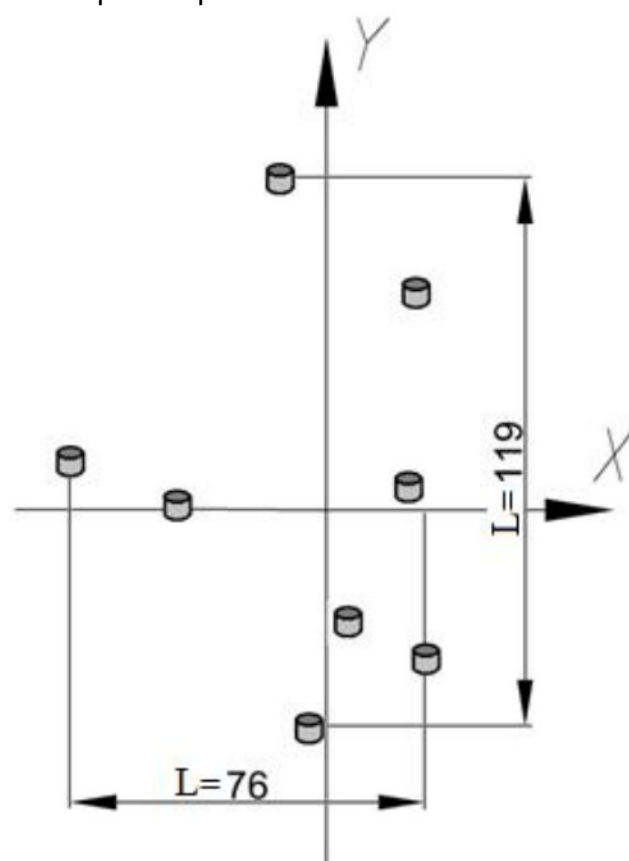


Рис.5. Пример тестового расположения марок внешнего ориентирования в плане

Таблица 3

Результаты моделирования погрешности определения элементов внешнего ориентирования $m\varepsilon$ и $m\eta$ для конфигураций марок внешнего ориентирования, полученные в процессе полевых работ

№	Величина проекции периферийных марок на оси координат - L, м		Метод определения погрешности				Расхождение между методами	
			Метод Монте-Карло		По выражениям (4), (6)			
	Х	У	т ε , сек	т η , сек	т ε , сек	т η , сек	\Delta т ε , сек	\Delta т η , сек
1	76	119	21	25	19	29	2	4
2	67	70	36	36	31	32	5	4
3	138	200	17	8	11	16	6	8
4	101	105	16	17	21	22	5	5
5	44	89	21	47	25	49	4	2
6	72	88	21	36	25	30	4	6

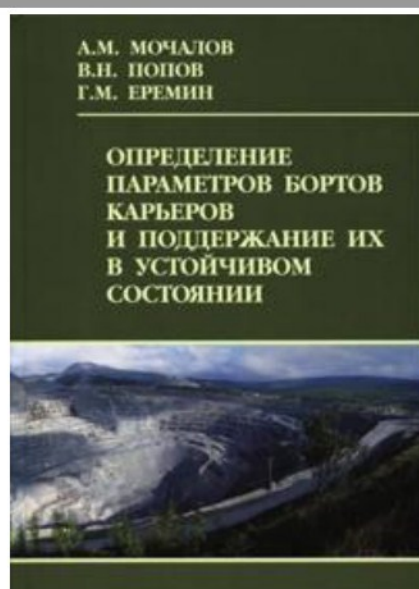
В заключение следует отметить, что для полного раскрытия возможностей лазерно-сканирующих технологий необходимо принимать специфические методические решения для каждого из типов снимаемых объектов. При этом необходимо уделять отдельное внимание вопросу внешнего ориентирования, как потенциальному источнику основных по-

грешностей моделей. Выявленные закономерности и основанные на них выражения позволяют при минимальных математических расчетах определить априорную погрешность наиболее опасных и грубо определяемых элементов внешнего ориентирования ε и η . Представленные зависимости могут использоваться при планировании и проведении наземной лазерно-сканирующей съемки, составлении проектов маркшейдерских работ и нормативных документов регламентирующих лазерно-сканирующую съемку.

Литература

1. Выстрчил М.Г. Обоснование способов внешнего ориентирования цифровых моделей горных выработок, получаемых по результатам съемок лазерно-сканирующими системами: дис.... канд. техн. наук: 25.00.16 / Выстрчил Михаил Георгиевич. – Санкт-Петербург, 2014. – 168 с.
2. Выстрчил М.Г. Погрешность определения положения цилиндрических марок внешнего ориентирования относительно лазерно-сканирующей системы / М.Г. Выстрчил, Гусев В.Н. // «Маркшейдерский вестник». – 2014. – №1. – С.30-36.
3. Гудков В.М. Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений [Текст]: Учебник для вузов / В.М. Гудков, А.В. Хлебников. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Середович В.А. Наземное лазерное сканирование [Текст]: Монография / В.А. Середович [и др.]. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.

Михаил Георгиевич Выстрчил, ассистент кафедры маркшейдерского дела, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», тел. (812) 328-82-59, E-mail: kmd@spmi.ru



Обращаем Ваше внимание на то, что в издательстве «Горная книга» МГГУ вышла в свет книга «Определение параметров бортов карьеров и поддержание их в устойчивом состоянии», авторы: Мочалов А.М., Попов В.Н. Ерёмин.

В предлагаемом издании рассмотрены основные существующие инженерные

и аналитические способы расчёта параметров бортов карьеров. Выявлено, что для обоснованного определения параметров устойчивых бортов карьеров необходимо устанавливать комплекс исходной информации, связанной как с особенностью

геолого-структурного состояния массивов пород по высоте разреза, определения и учёта изменения свойств пород во времени по мере увеличения карьерной выемки, применения геофизических методов определения упругих свойств массивов пород и их контроля за состоянием прибортового массива, применения методов укрепления бортов при создании суперглубоких карьеров, а также осушения отдельных участков уступов или бортов в целом для длительного поддержания крутых бортов в устойчивом состоянии, особенно технологических, где размещено оборудование или конвейерные комплексы. На основе такой методологии предложен новый способ определения параметров бортов глубоких карьеров и их поддержания в устойчивом состоянии.

Книга может быть полезна для научных и инженерно-технических работников, а также для проектировщиков и студентов, горных и технических вузов.

Редакция «МВ»

УДК 528.7;629.78

Е.А.Нестеренко

УЧЕТ И ДВИЖЕНИЕ ЗАПАСОВ СОГЛАСНО КОДЕКСУ JORC И КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ГКЗ

Изложено сравнительное описание различных систем классификации и учета запасов: отечественной и общемировой. Приведена специфика использования последней классификации, связанная с внедрением в производство ПО Datamine Studio и наземных лазерно-сканирующих систем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кодекс JORC; учет запасов, потеря и разубоживания; лазерное сканирование.



Специфика разработки месторождений в современных условиях отличается высокой изменчивостью по содержанию полезных компонентов, геометрии залегания, а также ценности добываемых руд.

До недавнего времени во всех российских компаниях использовалась исключительно система классификации и учета запасов, разработанная еще в СССР – Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (далее – Классификация) [1]. Данная система была разработана Государственной комиссией по запасам (ГКЗ), основной целью деятельности которой является обеспечение рационального недропользования в интересах государства. Название данного учреждения неоднократно менялось, но оно всегда оставалось высшим государственным органом по определению (подсчету) запасов всех видов полезных ископаемых, решения которого были обязательны для всех учреждений и предприятий страны. ГКЗ формировалась совместно с науками геологоразведочного профиля, которые развивались с 1930-х годов как отрасль, необходимая для сырьевого сектора СССР. Обобщение огромного опыта изучения и разработки месторождений полезных ископаемых позволили ГКЗ постоянно совершенствовать Классификацию и Методические рекомендации по ее применению к различным группам месторождений.

Но в результате преобразований 1991 года единый государственный горно-геологический комплекс юридически и фактически распался, и задача изучения недр теоретически осталась обязанностью государства, а задачи разведки и разработки месторождений были переданы частному капиталу [3].

В таких условиях недропользователи сталкиваются с тем, что они вынуждены сами решать вопросы разведки, а результаты предоставлять ГКЗ для экспертизы. Заключение экспертов в данном случае является внутри страны официальным, и именно оно используется ГКЗ при лицензировании месторождений, т.е. является обязательным юридическим фактором, означающим наличие права на отработку запасов.

При этом, к сожалению, заключение не имеет ценности перед иностранными аудиторами и не может использоваться как аргумент для выхода на мировые биржи, размещение акций на которых позво-

лит реально капитализировать разведанные запасы полезных ископаемых.

В связи с этим все большее распространение принимает утверждение собственных запасов по международным стандартам. Особенно популярной стала австралийская классификация JORC.

Кодекс JORC – один из международных стандартов для публичных отчетов компаний о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и рудных запасах. Разработан Объединенным Комитетом по запасам Института горной промышленности и металлургии Австралазии, Австралийским институтом наук о земле и Советом по полезным ископаемым Австралии в 2004 г.

Далее приведено сравнение указанных классификаций.

1. Минеральные ресурсы по JORC подразделены на категории, в порядке уменьшения геологической достоверности: оцененные (measured), выявленные (indicated) и предполагаемые (inferred) (рис.1).

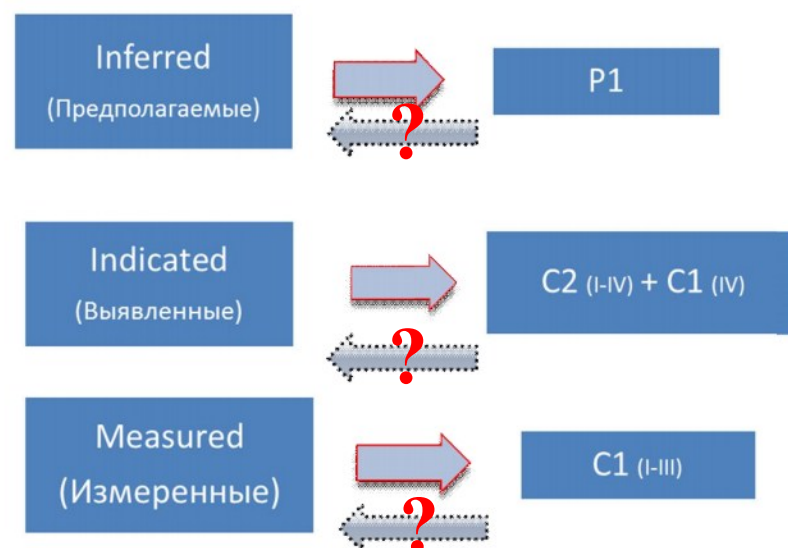


Рис.1. Взаимосвязь запасов по JORC и по Классификации ГКЗ

При этом обратная конвертация ресурсов из Классификации в JORC предусмотрена, но во многих случаях это может дать неадекватный результат, что говорит о неостребованности данной конвертации.

Рудные запасы в контексте JORC – рентабельно извлекаемая часть оцененных и/или выявленных минеральных ресурсов с учетом разубоживания и потерь, образующихся при добыче полезного ископаемого. По степени разведанности и изученности параметров рудные запасы по данному Кодексу подраз-

деляются на доказанные (proved) и вероятные (probable).

2. Оценка по Кодексу JORC производится Компетентной персоной – специалистом, являющимся членом научного общества, института или организации, признанной RPO (Recognized Overseas Professional Organization – дословно: зарубежные профессиональные организации). Компетентная персона должна иметь опыт работы в течении минимум 5 лет на рассматриваемом виде минерального сырья и типе месторождения, опыт в количественной оценке минеральных ресурсов и рудных запасов. Компетентная персона принимает полную персональную ответственность за оценку и подтверждение документации. В этом заключается ещё одно отличие не в пользу Классификации, ведь многоступенчатая система принятия решений при отсутствии ответственности у всех фигурантов экспертизы в ГКЗ создает некую безликость результата, а все возможные ошибки решения ложатся на недропользователя.

3. При оценке запасов, учете потерь и разубоживания по кодексу JORC оперируют термином MMU (Minimum Mining Unit) – минимальная выемочная единица. Это минимальный объем сырья, вынимаемый за один прием (например – ковш экскаватора).

В Методических указаниях по применению Классификации ГКЗ за единицу подсчета запасов принят подсчетный блок, там же перечислены свойства, характерные блоку:

- одинаковая степень разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородность геологического строения, примерно одинаковая или близкая степень изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанность условий залегания рудных тел,

определенная приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);

- общность горнотехнических условий разработки [2].

На рис.2 видна колоссальная разница в размерах между MMU и подсчетным блоком.

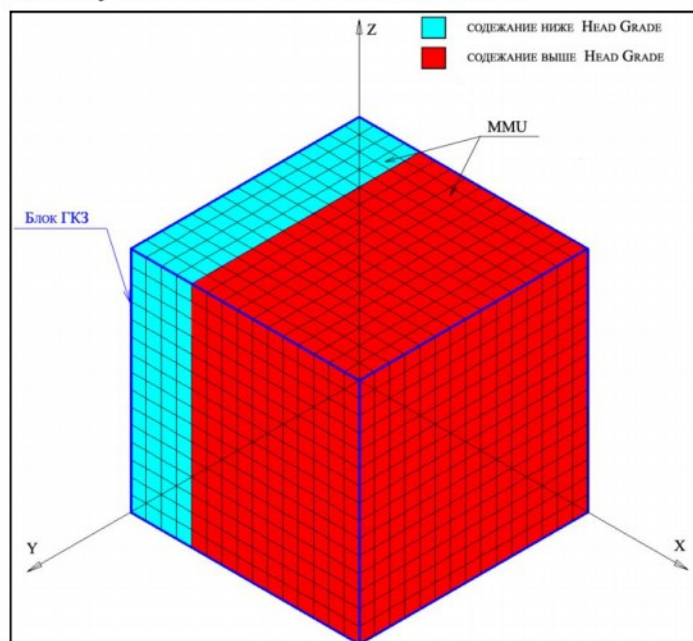


Рис.2. Сравнение размеров подсчетного блока и MMU

Head grade – термин Кодекса JORC, аналог кондиционного содержания, т.е. выше которого экономически выгодно обрабатывать выемочную единицу.

Невооруженным глазом видно, что использование понятия MMU позволит более детально и точно решать вопрос учет потерь и разубоживания. Пример изображен на рис.3.

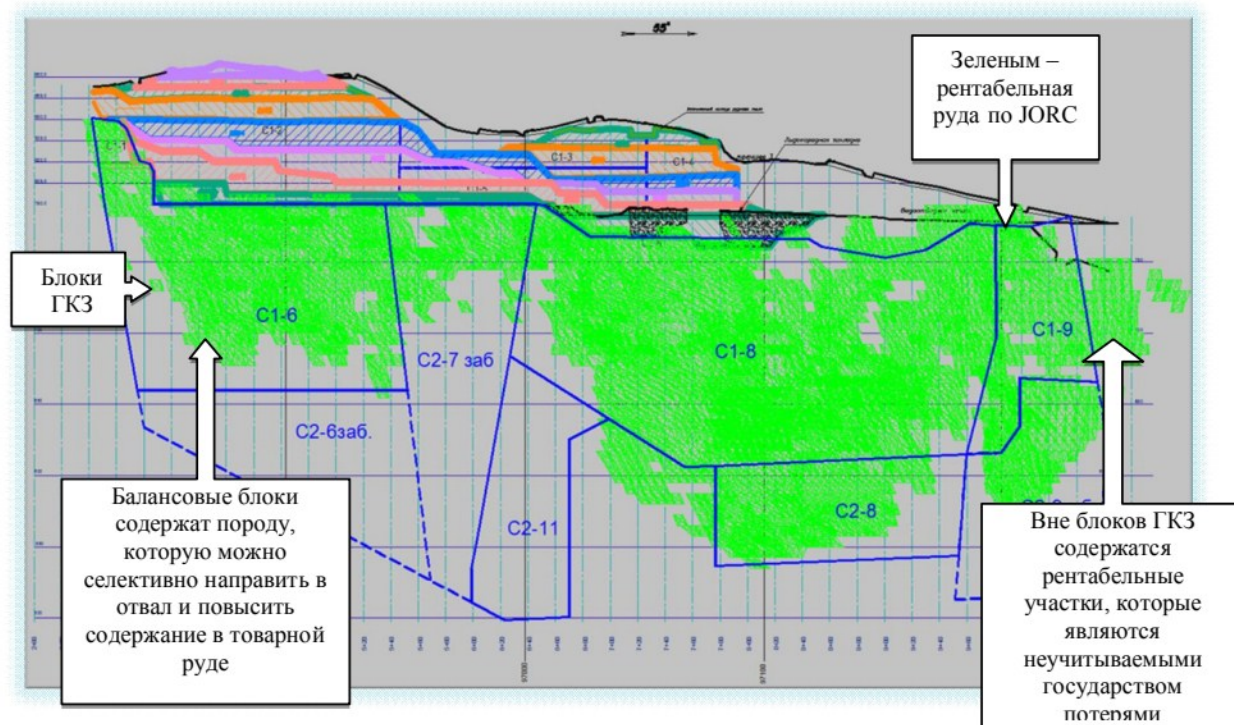


Рис.3. Пример нерационального учета запасов по Классификации ГКЗ

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Также можно отметить занижение запасов при использовании Классификации относительно кодекса (рис.4).

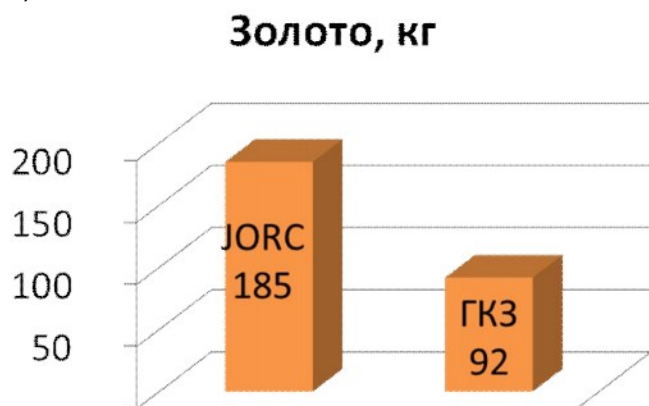


Рис.4. Двукратное занижение запасов золота на месторождении «Майское» (ОАО «Полиметалл»)

Но в то же время размеры MMU не дадут возможности подсчитать параметры добычи, а это сотни и тысячи блоков, вручную с предоставлением графики по каждому и в разумные сроки.

Проблема автоматизации процесса обуславливает использование на предприятии такого специализированного программного обеспечения, как, например, Datamine Studio фирмы CAE Datamine Corporate Ltd. Это одна из наиболее распространенных в мире систем, позволяющая специалистам эффективно решать широкий спектр геологических, горных и маркшейдерских задач. Представляют собой наиболее мощную и гибкую систему для моделирования рудных месторождений и проектирования горных работ, которая представляет собой реляционную базу данных и набор объединенных с ней модулей, которые пользователь может выбирать, исходя из специфики предприятия и решаемых задач.

Datamine Studio обеспечивает для удобства и точности вычислений введение так называемого блочного моделирования, что позволяет соответствовать кодексу JORC. Блочная модель представляет собой совокупность множества ячеек, при этом каждая ячейка имеет количественные и качественные параметры. Размер ячейки соответствует MMU.

Каждый такой блок оптимизируется отделом горного планирования, для него выполняют расчеты проектных потерь и разубоживания. Фактически отработанный рудный или породный блок моделируется и помещается в базу данных. Соответствующие службы получают возможность работать с каждым блоком в отдельности на следующем, аналитическом, этапе.

В сложившихся условиях маркшейдерская служба работает с обязательным применением лазерно-сканирующих технологий (рис.5).

По результатам ЛСС строятся каркасные модели фактической отработки (рис.6), с помощью блочной модели рассчитываются такие параметры, как объем добытой руды, через имеющиеся содержания – количество добытого металла, потери и разубоживание.

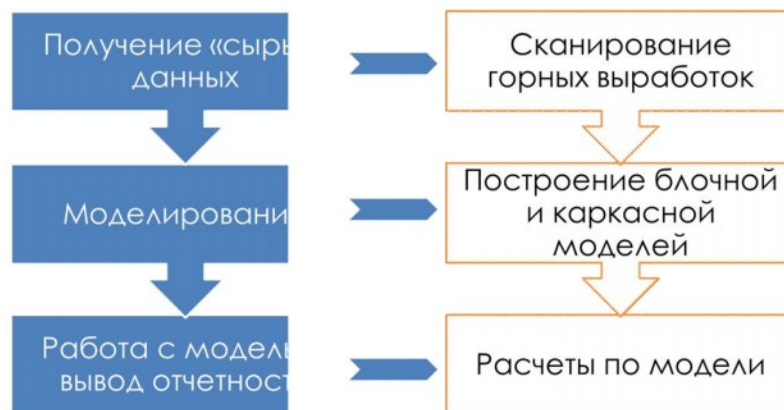


Рис.5. Последовательность выполняемых маркшейдерской службой задач

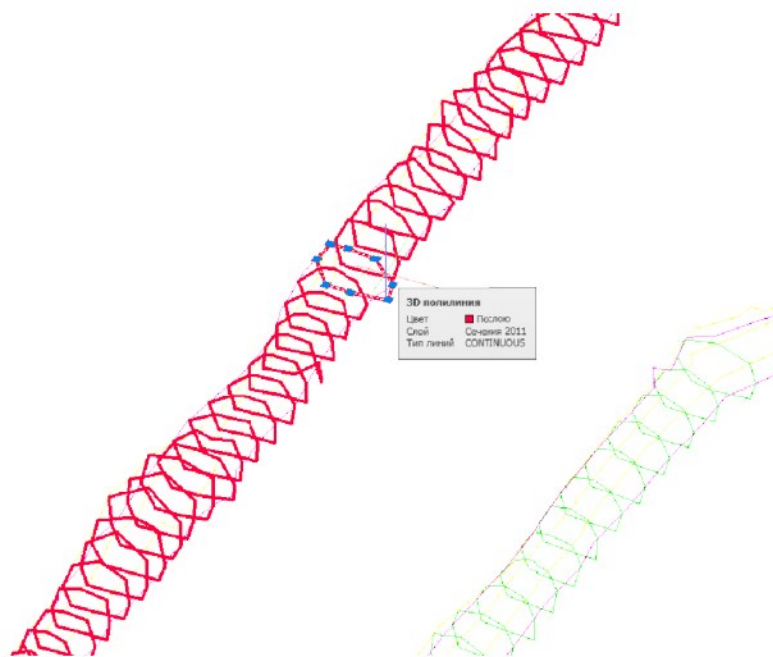


Рис.6. Построение сечений

После экспорта сечений (рис.6) производится построение каркаса горной выработки и выводятся данные об объемах горно-проходческих работ, а в связке с данными о бортовом содержании золота в выработке – данные о количестве руды и золота. Данные отправляются на сервер для работы экономической и геологической служб, а также используются для горного планирования.

Благодаря сканированию и блочной модели появляется возможность разделить рудный блок на составляющие каркасы: балансовой руды, потерь и засорения (рис.7). Такое подробное деление позволяет эффективно работать с каждой категорией.

Таким образом, использование лазерно-сканирующих систем и программного обеспечения Datamine значительно оптимизирует работу предприятия в области планирования и учета запасов, потерь и разубоживания, позволяет различным ведомствам и отделам, даже будучи удаленными друг от друга, работать над одним проектом, осуществлять управление и контроль, быстро принимать своевременные и верные решения.

В общем и целом различия между Классификацией ГКЗ и Кодексом JORC можно свести в таблицу (табл.1).

Таблица 1

Наименование	ГКЗ	Кодекс JORC
1. Размер оцениваемого блока с постоянным содержанием полезного компонента	Не лимитируется. Может достигать объема годовой добычи.	При оценке Ресурсов пропорционален плотности разведочной сети (например, половина расстояний между скважинами). При оценке Резервов определяется размером минимальной выемочной единицы (высота уступа, этажа и т.д.).
2. Критерии оконтуривания рентабельных участков месторождения	Максимум руды независимо от разубоживания/прибыли через бортовое содержание в оконтуривающей пробе, которое, как правило, в разы меньше МПС*, что приводит к экономически необоснованному включению породы в балансовые блоки.	Максимум прибыли через механизм применения бортового лимита (МПС*) не к оконтуривающей выработке, а к минимальной выемочной единице.
3. Определение содержания в блоке	Как среднее по всем пробам, находящимся внутри блока. Гео-статистические методы оценки инструкциями не предусмотрены.	Ближайшие пробы, по которым определяется содержание в данном блоке, находятся гео-статистическими методами с учетом особенностей геологического строения массива, окружающего блок.
4. Критерии непрерывности ору-денения	Обоснованы только в пределах единичной разведочной выработки/скважины.	Обосновываются выявленными геостатистическими закономерностями по всему месторождению, включая пространство между смежными скважинами.
5. Учет Запасов/ Ресурсов	На госбаланс ставятся только ресурсы, Запасы не учитываются. Методика геометризации Запасов с учетом потерь и разубоживания отсутствует. Запасы вычисляются только аналитически.	Ресурсы можно представить в двух форматах: 1) включающие запасы; 2) вне запасов (дополнительно к запасам). По второму формату применить стандарт ГКЗ в принципе невозможно, т.к. он не предусматривает геометризацию выемочных контуров с учетом потерь и разубоживания.
6. Применение коэффициента рудоносности	Допускается	Исключается

*МПС – минимальное потоковое содержание

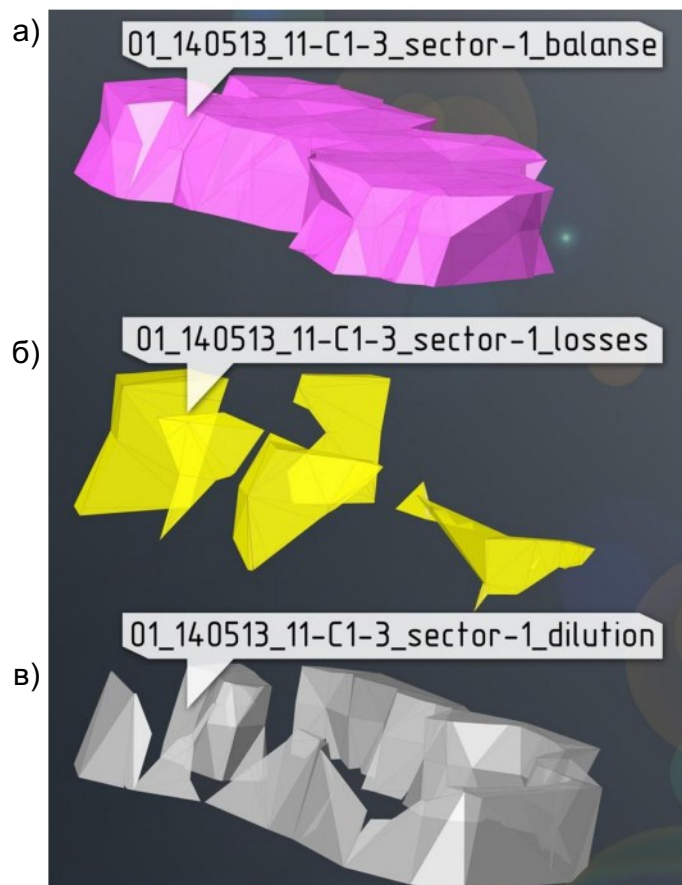


Рис.7. Изображение каркаса рудного блока: а) балансовая руда, б) потери, в) засорение

Но несмотря на успешное существование Кодекса JORC широкое использование в Российской Федерации он не получил. Это связано и с крупными денежными вложениями, связанными с внедрением, и с отсутствием необходимости придерживаться именно его.

Остается лишь надеяться, что и в РФ появится достойная экспертиза запасов полезных ископаемых, позволяющая эффективно использовать недра, предоставлять государству достоверную информацию о запасах, обосновывать целесообразность финансирования геологоразведочных работ. А это, в свою очередь, поможет капитализации горнодобывающих предприятий.

Литература

1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.:ФГУ ГКЗ.-2006. – 10 с.
2. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное. – М.:ФГУ ГКЗ.- 2007. – 50с.
3. Тимофеев П.Ф. Кто знает, что такое ГКЗ сейчас? [Электронный ресурс]: Золотодобыча. – 2014. – №184 – Режим доступа: <http://zolotodb.ru/news/11019>.

Екатерина Александровна Нестеренко, канд.техн.наук, доцент кафедры маркшейдерского дела, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», тел. (812) 328-82-59, E-mail: kmd@spmi.ru

УДК 622.1:528

Л.С.Сафонов, А.В.Волохов

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кратко показаны причины зарождения и весь путь развития геометрии недр как научно-практической дисциплины от примитивного графического моделирования месторождений полезных ископаемых до создания хорошо разработанной математической области геологоразведочного и горного дела. Констатируется затухание научных исследований в сфере геометризации месторождений и геометрии недр в целом в настоящее время.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геометризация месторождений; случайный процесс; общая дисперсия; закономерная составляющая; закон распределения; стандарт; рудное тело.



Л.С.Сафонов А.В.Волохов

Одним из древнейших занятий человека на Земле является добыча полезных ископаемых. Это подтверждается, помимо косвенных данных различных наук (история, палеонтология и др.), прямыми результатами раскопок древних рудников, работавших 1-2-3 тысячелетия до н.э. В процессе общей эволюции общества необходимо было заменять каменные боевые, охотничьи и бытовые изделия на бронзовые, а затем на железные. Увеличивался ассортимент применяемых полезных ископаемых, усложнялись и совершенствовались приемы, методы и сферы их добычи, переработки и использования, что привело к применению элементарных математических (арифметических) методов. Увеличивались размеры и усложнялась конфигурация подземных горных выработок, что требовало составления их схем (чертежей). С появлением компаса родилось ориентирование горных выработок. Возникла необходимость иметь представление о размерах, конфигурации рудных тел, их положении в недрах, количестве и качестве полезных ископаемых. Так зарождалась горная геометрия (геометрия недр).

В России, как более отсталой стране, этот процесс шел медленнее, чем в передовых европейских странах. Неоценимый вклад в горное и геологоразведочное дело внес М.В.Ломоносов. В его труде «Первые основания металлургии или рудных дел» имеются главы «О слоях земных» и «Об измерении рудников», представляющие собой зачатки маркшейдерии и горной геометрии. В конце 19 и начале 20 вв. при разведке и эксплуатации месторождений стали применяться графические приемы, схемы, зарисовки, дававшие примитивные модели рудных тел. Постепенно эти методы развивались, усложнялись, систематизировались, получаемая на их основе информация увеличивалась. Трудом русских ученых В.И.Баумана, П.М.Леонтовского и других родилось новое научно-практическое направление - горная геометрия (геометрия недр), наиболее практической частью которого является геометризация месторождений полезных ископаемых. Теоретические основы геометризации месторождений создал русский ученый профессор П.К.Соболевский, разработавший метод изолиний для изучения месторождений и подсчета запасов.

Дальнейшее развитие горная геометрия получила в работах Г.И.Вилесова, И.Н.Ушакова, Д.А.Казаковского, П.А.Рыжова и других исследователей, кото-

рые, не ограничиваясь чисто геометрическими методами, начали привлекать аналитический аппарат математической статистики и теории вероятностей. Сначала был применен нормальный закон для описания фактических распределений показателей месторождений (С.Ю.Доборжинский, Д.А.Зенков, Л.И.Шаманский, В.М.Крейтер, 1909-1937 гг.). По мере накопления практических данных и сравнения их с расчетными оценками, полученными на основе применения нормального закона, выявилось несоответствие их друг другу. Вследствие этого появились три точки зрения на возможность применения методов математической статистики и теории вероятностей в геологии и горном деле. Первая – полное отрицание такой возможности (С.И.Иванов, В.Г.Соловьев). Вторая – возможность применения их во всех случаях (П.А.Рыжов, В.М.Крейтер). Третья точка зрения – избирательное использование математических методов в известных случаях. Так, уже в 1936 г. Л.И.Шаманский считал, что в распределении показателей месторождений присутствует некая закономерная составляющая, и что стандарт распределения нужно вычислять с учетом ее наличия. Некоторые исследователи для получения более согласующихся с практикой результатов математической обработки выборочных значений показателя рекомендовали увеличивать объем исходной информации (число проб, замеров), что нельзя признать приемлемым, поскольку речь в конечном счете идет о рационализации и оптимизации разведки, опробования и эксплуатации. Таким образом, верным оказался синтез второй и третьей точек зрения – аппарат математической статистики и теории вероятностей применим всегда, но при учете, в необходимых случаях, закономерности в фактическом распределении показателя месторождения.

Стало понятно, что нужно определить критерии, указывающие на эти необходимые случаи. Последующие исследования показали, что распределение показателей в рудном теле носит характер композиции случайной и закономерной составляющих, и что вопрос о применении аппарата математической статистики и теории вероятностей должен решаться на основе количественной оценки закономерной изменчивости и исключения ее из общей дисперсии, когда закономерная составляющая превышает половину общей дисперсии ($\eta^2_{\text{зак}} > 0,5$). При подчиненном характере закономерности ее можно не исключать из общей дисперсии и решать вопрос об оптимизации параметров разведки и подсчета запасов на основе общей изменчивости наиболее варьированного показателя, которым в рудных месторождениях чаще всего является содержание полезного компонента.

В связи с этим начинаются поиски новых методов решения задач разведки, геометризации и подсчета запасов. В 1948 г. Д.А.Казаковский впервые

применил метод вторых разностей для оценки случайной колеблемости при наличии закономерного изменения показателя в рудном теле. Он ввел понятие абсолютной изменчивости (μ) и показателя изменчивости (J):

$$\mu = \frac{\sum \Delta''}{K}; \quad J = \frac{\mu}{X_{cp}};$$

где $\sum \Delta''$ – сумма абсолютных значений вторых разностей; K – число вторых разностей.

Метод последовательных разностей оказался плодотворным и получил дальнейшее развитие в работах Э.Ф.Низгурецкого, А.И.Осецкого, В.И.Кузьмина, П.П.Басмана, за рубежом Де-Вийса, других исследователей.

В 1963 г. В.В.Богацкий предложил использовать для характеристики изменчивости признака показатель неравномерности:

$$НП = \frac{P_{max}}{P_{cp}},$$

где P_{max} – максимальное значение признака в выборке; P_{cp} – среднее значение признака.

Затем определялась предельная погрешность аналогии:

$$\Delta_{np} = \frac{2(НП - 1)}{N - 1},$$

где N – объем выборки.

Как видим, теоретическая база данной методики недостаточно строга и надежна.

Известную трудность представляло определение связей между коэффициентом вероятности (t) и вероятностью (P) при различных значениях коэффициента вариации (V) для применяемых законов распределения. Было установлено, что нормальный закон работает в довольно узкой области изменчивости распределения показателей месторождения (коэффициента вариации), причем эта область не характерна для указанных показателей, особенно для содержания полезных компонентов. А именно, фактические распределения показателей месторождений, особенно рудных, очень часто бывают правоасимметричными, в отличие от симметричного нормального закона. В связи с этим появляются различные предложения по преодолению этих трудностей. Так, профессор И.В.Францкий предложил метод преобразования асимметричных распределений в симметричный (нормальный) закон путем введения показателя несимметрии:

$$\lambda = \frac{P' P_{-\sigma}}{P'' P_{+\sigma}},$$

где P' , P'' – вероятности значений показателя в фактическом распределении соответственно больших и меньших среднего значения; $P_{-\sigma}$, $P_{+\sigma}$ – вероятности в пределах стандартов фактического распределения.

Многие исследователи начали применять другие теоретические законы распределения для ап-

проксимации фактических распределений показателей месторождений. В частности, Н.К.Разумовский в 1941 г. применил логарифмически нормальный закон, Д.А.Родионов в 1962 г. – распределение Эрланга и биномиальное, Г.А.Базанов в 1965 г. применил закон Вейбулла. При установлении зависимостей между t и P для любых значений V указанные законы распределения становятся удобным математическим инструментом для описания широкого спектра фактических распределений показателей месторождений.

Обобщая все многообразие методов определения значений параметров разведки и подсчета запасов и их точности, можно свести их в две группы. В первую группу входят методы, применимые при существенно стационарном процессе распределения показателей месторождения (рудного тела), при подчиненном значении закономерной составляющей в общей дисперсии ($\eta^2_{зак} < 0,5$). Сюда относятся использование нормального закона, преобразование асимметричных распределений, применение других законов распределения. Во вторую группу следует отнести разностные методы, линейную и нелинейную корреляцию, структурный анализ и другие методы, применимые при существенно нестационарном характере процесса распределения показателя месторождения, при котором превалирует закономерная составляющая в общей дисперсии ($\eta^2_{зак} > 0,5$).

Дальнейшее развитие горной геометрии, в том числе геометризации месторождений, шло по пути совершенствования математического аппарата, доведения его до удобного практического применения (табулирование, создание различных графических приемов и т.п.), развития методов прогнозирования изменения показателей по основным направлениям тел полезных ископаемых, углубления и расширения теоретических и практических вопросов геометризации месторождений, систематизации накопленных знаний, издания научно-технической и учебной литературы. В этом отношении большой вклад в развитие геометрии недр за последние десятилетия внес профессор В.А.Букринский [1].

В последующем горно-геометрические исследования постепенно сворачивались по разным причинам, главные из которых – распад некогда сильных научных горно-геометрических школ и открытие совершенно новых перспективных направлений исследования, диктуемых временем. Если произойдет новый всплеск интереса к геометрии недр, то ее дальнейшее развитие видится в совершенствовании математического аппарата на строгой научной основе, учитывающей природные, в том числе генетические и морфологические особенности месторождений, и в доведении его до удобного практического применения.

Литература

1. Букринский В.А. Геометрия недр. – М.: Горная книга, 2002, 548 с.

Леонид Семенович Сафонов, горн. инж.-маркшейдер, канд.техн. наук, доцент кафедры МДиГ;

Анатолий Викторович Волохов, горн. инж.-маркшейдер, канд.техн. наук, доцент кафедры МДиГ

(Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, тел. (3952) 40-51-02)

УДК 622.648:551.24

А.Н.Шабаров, Е.В.Гончаров, Н.В.Гусева

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА И ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Обоснован приоритет геодинамических процессов при формировании метановых коллекторов, применимость методов морфометрии и обработки данных дистанционного зондирования для их обнаружения. Обоснована актуальность исследований процессов активизирующих экзотермические реакции, приводящих к переходу метана в свободное состояние. Описано внедрение способа сейсмоакустического воздействия, как одного из практических подходов к решению этого вопроса.

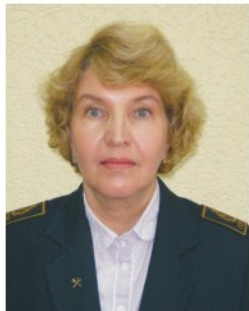
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метан; угольные пласты; дегазация; геомеханические и геодинамические процессы; линеаментный анализ.



А.Н.Шабаров



Е.В.Гончаров



Н.В.Гусева

Актуальность извлечения метана из угольных пластов, включая газоносные, склонные к газодинамическим явлениям, в последние годы возрастает, что обусловлено в первую очередь требованиями безопасной подготовки и отработки пластов, а также следующими факторами:

- необходимостью увеличения нагрузок на очистные забои;
- требованиями и квотами на снижение выбросов парниковых газов;
- определёнными перспективами на его утилизацию как энергоносителя.

Глубокие исследования геодинамических процессов в приложении к пониманию явлений фильтрации флюида в массиве горных пород (нефть, газ), газодинамических и особенно динамических явлений связаны с именами С.К.Баймухаметова, И.М.Петухова, А.Н.Шабарова и некоторых других исследователей.

К сожалению планомерное, системное изучение геомеханических и геодинамических процессов, формирующих условия перехода метана в свободное состояние, его миграции, в том числе и крайнего проявления - газодинамических явлений, в 90-е годы прошлого века было прервано.

Многие требования и регламенты по рациональной отработке угольных пластов за последние 10-15 лет оказались либо забыты, либо признаны не актуальными. Это в полной степени касается системной разработки угольных пластов с комплексом работ по их дегазации и приведению в неопасное состояние по газодинамическим явлениям.

Отсутствие учета геомеханических и геодинамических процессов снижает эффективность применения схем заблаговременной дегазации и каптирования метана при применении первоочередной отработки защитных (разгружающих) пластов, проведения технологических мероприятий для создания разгру-

женных от горного давления локальных участков (например, проходкой дренажных выработок).

Для понимания механизма развития деформационных процессов в углесодержащей толще были организованы комплексные геомеханические наблюдения за сдвижением и процессами формирования разгруженных от горного давления и защищенных зон на шахтах «Молодежная», «Стахановская», им.В.И.Ленина и др. Карагандинского бассейна.

Были получены следующие результаты [1]:

- уточнены параметры зон повышенного горного давления, зон распространения защитного (разгружающего) действия при разработке смежных пластов (прежде всего при подработке), областей, перспективных для извлечения метана (трещиноватых зон и зон высокой проницаемости);
- сформулированы принципы построения (картирования на планах горных работ) выбросоопасных зон и зон, перспективных для искусственной дегазации;
- установлены периоды, благоприятные для дегазационных работ.

Результаты шахтных натурных исследований изложены в «Руководстве...» Баймухаметова С.К., Гончарова Е.В. и др. [1].

В «Руководстве...» были отмечены, в том числе, следующие особенности, которые не удалось объяснить с позиции теории и включить в расчетные методы при последующем их усовершенствовании:

1. Фактор времени. Поскольку в процессе сдвижения он является весьма важным, то была сделана основополагающая попытка формирования единого воззрения на процессы разгрузки, трещинообразования, образования зон ПГД и процессов сдвижения в разных временных фазах.

2. Большие несоответствия параметров дальности распространения зон ПГД.

3. Впервые осуществлённое численное моделирование продемонстрировало возможность наглядного наблюдения за динамикой развития процесса изменения напряжённо-деформированного состояния (исследования осуществил Зубков В.В.).

Основным результатом работ явились не только научная новизна полученных результатов, но и практические рекомендации по параметрам размещения дегазационных скважин (при их проведении с земной поверхности через породную толщу по пласту на смежные пласты) в сочетании с фронтом горных ра-

бот. Конструкции дегазационных скважин рекомендовались с учётом геомеханических процессов.

Таким же образом, с учётом особенностей, налагаемых геомеханическими процессами и их параметрами, проходила разработка указаний по локальной «защите», формируемой проходкой и управляемой «посадкой» (деформированием) выработок (штреков, квершлагов и т.п.).

Процессы формирования локальной разгрузки и «защиты» при эксплуатации газодренажных выработок (включая полевые) подробно изучались на опыте шахты «Стахановская» и им.В.И.Ленина. Результаты исследований вошли в «Методические указания...» [2], которые актуальны и в настоящее время для ряда шахт России и Казахстана.

В Карагандинском бассейне для исследований использовали широкий диапазон геоморфологических и дистанционных методов, применяемых и в настоящее время [5]. Существенной явилась также практическая направленность, выразившаяся в прогнозе выбросоопасных зон и зон, перспективных для извлечения метана на шахтах «Стахановская» и им. В.И. Ленина, «Казахстанская» и некоторых других.

Наиболее полезным для данных работ явилось применение методов морфометрии, предложенных в свое время В.П.Философовым, усовершенствованное Н.В.Гусевой [4]. Был выполнен морфоструктурный анализ поверхности шахт им.В.И.Ленина, установлены предполагаемые разрывные нарушения, границы блоков, зоны переходного рельефа, области несогласного залегания пород. Результаты построений явились основой схемы на рис.1, которая положительно совпала тестовыми участками отрицательного значения прогноза газодинамической опасности и данными о газодинамических проявлениях.

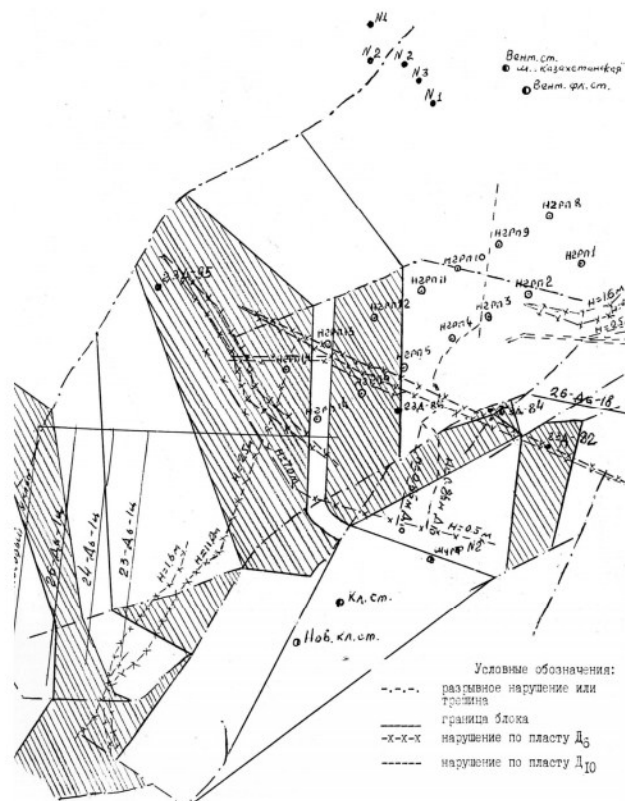


Рис.1. Совмещенная схема расположения зон переходного рельефа и горно-геологической ситуации [4]

Широкое внедрение дистанционных методов для прогнозирования расположения активных разломов, зон, с высокой вероятностью склонных к проявлению газодинамических явлений, осуществлялось с активным участием О.М.Антонова.

Анализ планов поверхности трудоёмок, однако, как показал первый в бассейне опыт, он позволяет составить достаточно объективное представление о характере движения (изгибах, перегибах, растрескивании) значительных по площади участков угленосной толщи и, в сочетании с данными геологоразведки, сформулировать решения по прогнозу опасных по газодинамическим проявлениям зон пласта Д-6 и оптимизации применения средств искусственной дегазации.

Благодаря применению современных способов обработки цифровых моделей поверхностей топографического ряда - горизонталей, изопахит - стало возможным проведение комплексного морфоструктурного и линеamentного анализа для выявления областей оптимальной газоотдачи:

а) Морфометрическая обработка цифровых моделей рельефа масштабов 1:5000-1:100000 для выявления градиентных зон, обусловленных новейшими тектоническими движениями.

б) Линеamentный анализ данных дистанционного зондирования - космических и аэрофотоснимков, в том числе и в автоматизированном режиме. Наибольший интерес представляют узлы пересечения линеamentов.

На схеме представлен пример линеamentного анализа поверхности отводов шахт им.В.И.Ленина и «Казахстанская» (рис.2).

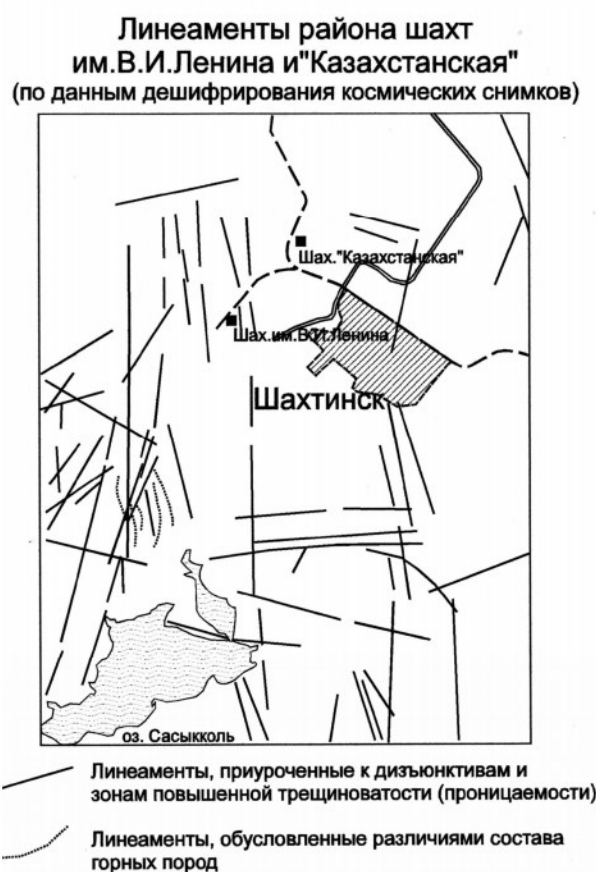


Рис.2. Линеamentы района шахт им.В.И.Ленина и «Казахстанская»

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

в) Анализ данных дистанционного зондирования в инфракрасном (тепловом) диапазоне. Наличие тепловых аномалий свидетельствует об экзотермических реакциях, обусловленных движением флюидов вследствие перемещения блоков.

г) Метод изучения мегатрещиноватости.

д) Анализ рельефа коренных пород.

Зачастую выявить элементы морфологии на поверхности не удастся, как, например, при работе с поверхностью горного отвода шахты «Тентекская». В этом случае эффективен анализ палеорельефа, который также был опробован для условий шахты им.В.И.Ленина (рис.3).

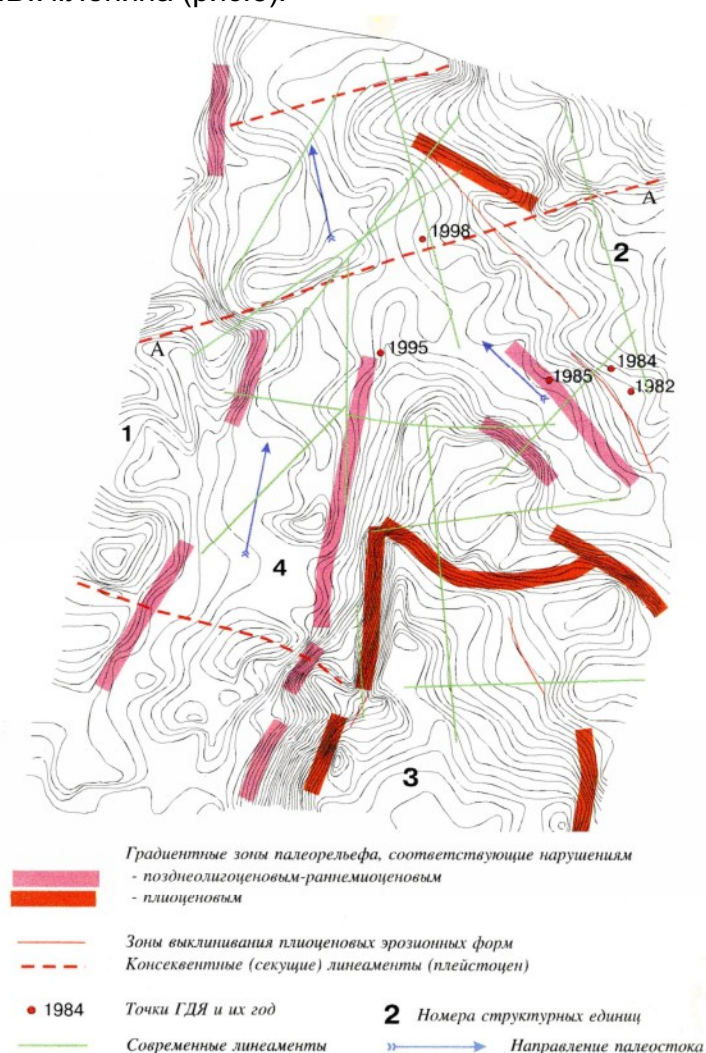


Рис.3. Мощностной структурный план (шахта им.В.И.Ленина)

Особое внимание уделялось линейным элементам палеорельефа и их соотношениям с современными линеаменами земной поверхности, на основании чего делается вывод о наличии или отсутствии унаследованности тектонических движений и сохранении зон трещиноватости. При этом палеолинеаменты рассматриваются как зоны повышенной трещиноватости, закольматированные толщей неогеновых отложений (глин). Точки пересечения современных и палеолинеаментов - предполагаемые области разрушения наиболее газоносных областей (псевдосуфляров) - новейшими тектоническими движениями. Указанные точки потенциально опасны по внезапным выбросам угля и газа.

К областям повышенной газоопасности относятся также градиентные зоны палеорельефа (бровки, тыловые швы, крутые участки склонов погребенных долин), к которым приурочено большинство газодинамических проявлений, например, на шахте им.В.И.Ленина АО «ИСПАТ-Кармет».

е) Выявление областей локальных концентраций напряжений, приуроченных к утолщениям и выклиниваниям «жестких» пород, вычисление первой и второй производной их мощностей.

ж) Учет техногенного воздействия в форме учета пригруженных и разгруженных от горного давления зон на планах горных работ на опасных пластах [1,5]. Поскольку эти области неблагоприятны для извлечения метана, в них должны быть предусмотрены мероприятия по интенсификации на основе инициирования трещинообразования, например, известным, но малоэффективным способом гидроразрыва в различных модификациях, создание полостей (локальная защитная выемка) и т.п.

Впоследствии весь комплекс работ по прогнозу участков недр, перспективных по метанопоявлениям, был запатентован [3].

При решении о необходимости бурения скважин для извлечения метана наиболее благоприятными являются следующие геодинамические и геомеханические критерии [3]:

- границы активных геодинамических блоков при их разнотемпном движении, выявляемые геоморфологическими исследованиями;
- области несогласного залегания пород, когда между вышележащими и подстилающими их слоями стратиграфическая последовательность нарушается, определяемые на основании морфоструктурного анализа или по данным геофизических исследований;
- места пересечения линеаментов по линеamentному анализу рельефа поверхности;
- области с активными тектоническими движениями, выявленные на основе анализа линейных элементов палеорельефа и их соотношением с современными линеаменами на земной поверхности;
- области, удаленные от локальных концентраторов напряжений, приуроченных к «утолщениям» и выклиниваниям жестких пород ($\tau_{сж} > 50$ МПа), определяемые по максимумам первой и второй производным их мощностей;
- области относительно высоких (по сравнению с гидростатическим) геомеханических напряжений, выявляемые численным моделированием.

На рис.4 показан пример учета выклинивания песчаника. Необходимо заметить, что методика учета влияния залегания песчаника в бассейне совершенствуется Халмановым Х.Ж.

Весь комплекс применяемых методик (рис.5) был применен для картирования опасных зон в условиях шахты «Казахстанская» (рис.6).

При выполнении комплекса работ по этой шахте существенное участие приняли сотрудники Угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау»: Баймухаметов С.К, Доскалиев Б.Б, Сон Д.В, Шмидт А.В.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Карта-схема мощности песчаников над пластом Д6 (шахта Казахстанская)

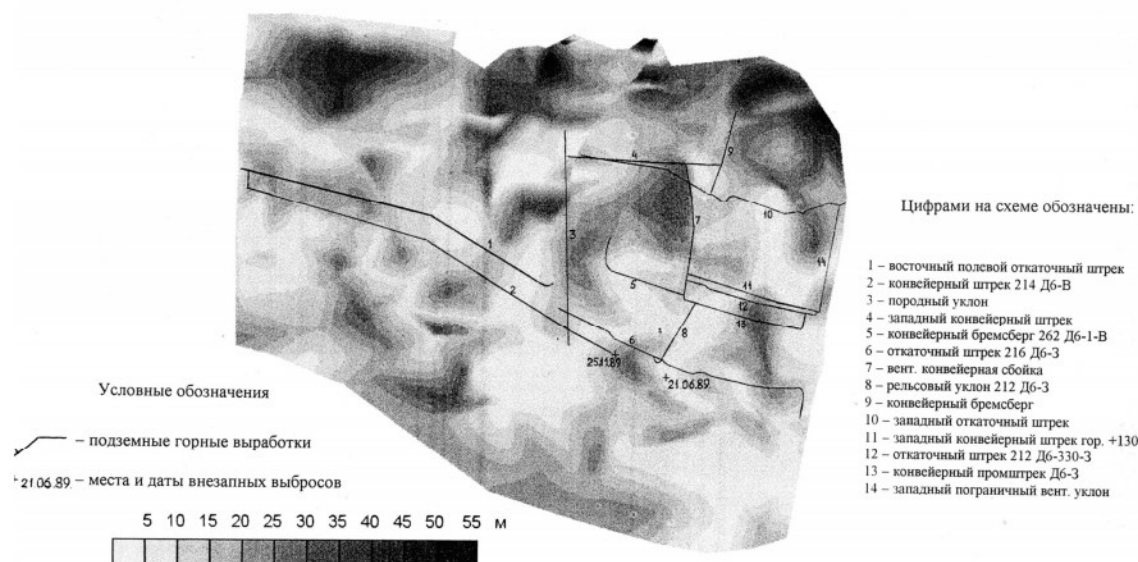


Рис.4. Карта - схема мощности песчаников над пластом Д6 (шахта Казахстанская)

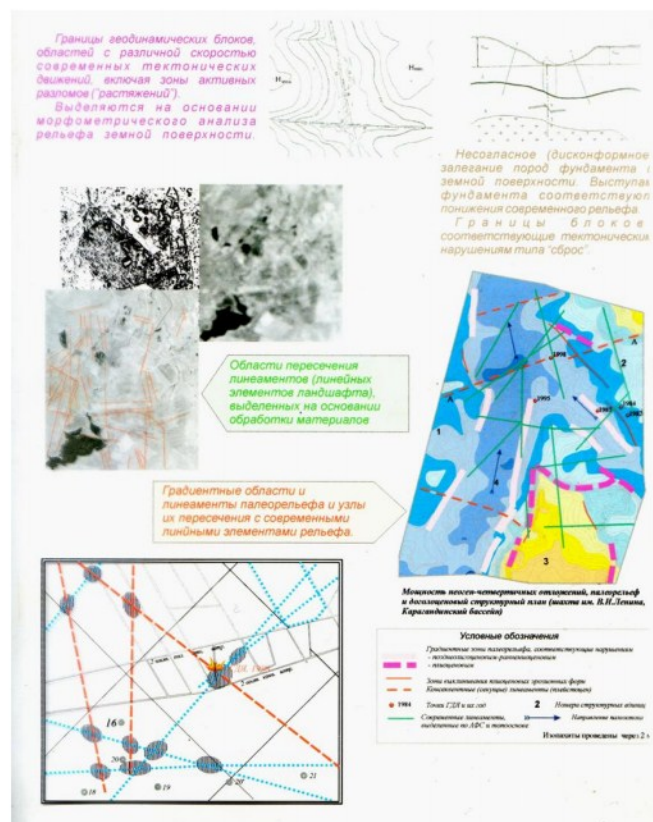


Рис.5. Комплекс работ, проводимый на шахтах Тентекского района для выявления опасных по газодинамическим явлениям зон

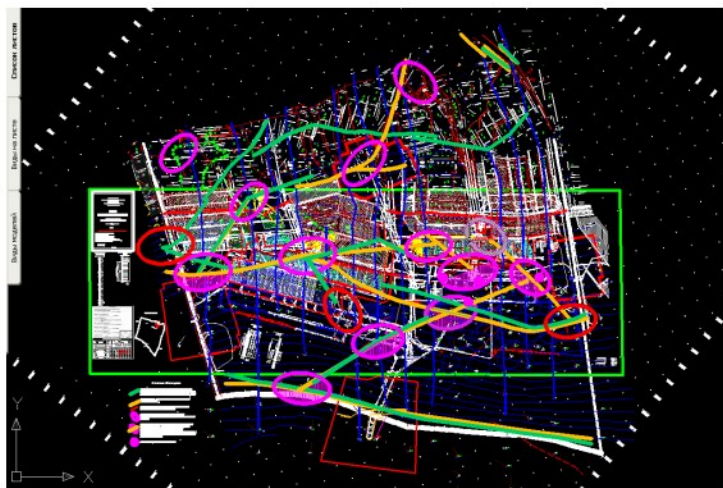


Рис.6. Геодинамическое районирование и картирование опасных зон, в условиях шахты

Авторы, занимающиеся исследованиями в Научном Центре геомеханики Университета «Горный», сохранили опыт проведенных работ и разработали способы и устройства для активного управления напряженно-деформированным состоянием [6].

Подход специалистов Научного Центра сформулирован в ряде публикаций и обоснован результатами многочисленных исследований.

Основные направления следующие:

1. Геодинамическое районирование территории горного отвода и построение карт естественных напряжений, сформированных в массиве геодинамическими процессами, выявление и учёт областей оптимальной газоотдачи.

Геодинамическое районирование эффективно применялось как для скважин, пробуренных с поверхности вне зоны влияния горных работ (полигон ООО «Промгаз»), так и при оптимизации дегазационных работ на эксплуатируемых шахтах Воркутского района и Восточного Донбасса.

2. Дополнительные исследования и учёт термогазодинамических процессов, возникающих в газоносном углесодержащем (лигнитовом) массиве при бурении и освоении скважин и дренировании метана. Проведение мероприятий по интенсификации метанопритоков за счет активизации склонности газоносных пластов угля к процессам аутоокисления и нагревания и иным воздействиям (например, колебательным и сейсмо-акустическим [6]) (рис.7).

3. Учет и суперпозиция естественных напряжений, сформированных геодинамическими процессами, с напряженно-деформированным состоянием, возникающим при ведении горных работ (разгруженные зоны, зоны повышенного горного давления, стационарные, динамические, зоны трещинообразования, сдвигения горных пород и т.п.). Координирование технологических схем дегазации в соответствии с упомянутыми зонами по расположению и времени работы дегазационных систем скважин.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ



Рис.7. Устройства инициирования метанопритоков

Методика геодинамического районирования в приведённом комплексе работ была существенно дополнена и адаптирована к решению поставленной задачи не только методикой (способом) выявления границ геодинамических блоков, но и привлечением признаков, характеризующих различное по скорости их движение, линеamentным анализом, применением методов морфоструктурного анализа, учетом несогласного залегания пород фундамента и рельефа, наличием тектонических нарушений типа «сброс».

Кроме того, для шахты «Стахановская» учитывались так называемые «линии перегиба», когда углесодержащий пласт в геодинамическом блоке, без разрушения целостности блока, испытывал различные по границам перемещения, в результате которых образовывались области с высокими фильтрационными свойствами, чрезвычайно продуктивные при отборе метана.

В настоящее время авторы предлагают собственные способы, прошедшие промышленные испытания и хорошо встраиваемые в технологические процессы на шахте. Речь идёт о сейсмоакустическом воздействии [6].

Авторы доказали практическими экспериментами, что воздействие на горные породы низкочастотных колебаний, когда их относительные деформации по величине не превышают 10^{-9} - 10^{-10} , но производи-

мых длительное время (часы, сутки и т.д.), вызывает изменение напряженно-деформированного состояния среды, которое приводит к таким явлениям, как:

- концентрации дополнительных растягивающих напряжений или разгрузке от существующих напряжений;

- изменению параметров фильтрации флюида, если он находится в связанном состоянии;

- освобождению упругой энергии;

- активизации геохимических процессов, но в условиях, исключающих газодинамические и динамические проявления, а также прорывы метана из почвы и кровли.

Авторами разработан, обоснован, запатентован (Патент РФ №2328594) и испытан в промышленных условиях способ термогазохимического и сейсмоакустического воздействия, который рекомендован Министерством образования и науки для внедрения на шахтах «для встраивания в схемы искусственной дегазации, устранения газодинамических явлений, в том числе суффляного типа и разгрузки (разупрочнения) пород» [3,4,6].

Литература

1. Баймухаметов С.К., Гончаров Е.В., Бирюков Ю.М. и др. «Временное руководство по подработке выбросоопасных и газоносных пластов угля и повышению эффективности дегазационных работ в условиях интенсивной их разгрузки на шахтах Карагандинского бассейна». Л., ВНИМИ, 1988 г.
2. Баймухаметов С.К., Гончаров Е.В., Бирюков Ю.М. и др. Методические указания по определению параметров создания локальной защиты при проведении подготовительных выработок на газоносных пластах. Л., ВНИМИ, 1989 г.
3. Николаев П.Н. «Методика тектонодинамического анализа», М, «Недра», 1992 г.
4. Гончаров Е.В., Гусева Н.В., Иванников Н.Д. Перспективы применения методов морфоструктурного анализа для определения зон высокой газоотдачи / Симпозиум «Неделя горняка-97», Семинар №1. Проблемы заблаговременного извлечения (добычи) метана из угольных месторождений. М.:МГГУ, 1997.-Вып.6.-С. 90-95.
5. «Способ извлечения метана из угольных пластов» А.с.№2136850 приоритет от 07.05.98 г. авторы: Шабаров А.Н., Гончаров Е.В., Антонов О.М., Презент Г.М., Бирюков Ю.М.
6. Гончаров Е.В., Работа Э.Н., Вьюников Л.Г., Лодус Е.В., Дегазация выбросоопасных пластов термосейсмоакустическим воздействием, // Горный информационно-аналитический бюллетень /МГГУ, М.,-2009.- отдельный выпуск №11, «МЕТАН», С.49-65.
7. Е.В.Гончаров, А.Н.Шабаров, Технологии интенсификации метаноотдачи из угольных пластов и перспективы их широкого внедрения. Геотехническая механика/Ин-т геотехнической механики НАН Украины. Киев – Днепропетровск, 2000. – Выпуск 17– С.71-78.

Аркадий Николаевич Шабаров, д-р техн.наук, проректор (директор), зав.лаб., тел. (812) 321-81-43;

Евгений Владимирович Гончаров, ст.научн.сотр., тел.(812)321-95-94;

Наталья Васильевна Гусева, канд.техн.наук, ст.научн.сотр., тел.(812)328-84-38 (Лаборатория геодинамики, Научный центр геомеханики и проблем горного производства. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г.Санкт-Петербург)

УДК 622.831

В.В.Зубков, И.А.Зубкова, А.К.Бычин

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Представлены результаты численных экспериментов по оценке фактора безопасности при формировании устойчивых рабочих бортов карьеров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прибортовой массив; карьер; методы расчета; напряженное состояние; фактор безопасности.



В.В.Зубков



И.А.Зубкова



А.К.Бычин

Введение

Известно, что многие из действующих карьеров спроектированы в соответствии с Методическими указаниями [1] и Правилами [2], т.е. построены по среднему углу наклона борта. При этом в расчетах не учитывались особенности породного массива – упругие и прочностные его свойства и напряженное состояние прибортового массива. С другой стороны, огромный опыт ведения открытых горных работ показывает, что устойчивость бортов карьеров до первых сотен метров сохраняется в течение многих лет, а в скальных (высоко модульных) массивах еще и при очень крутых углах, вплоть до вертикальных.

Использование методов численного моделирования позволяет проводить оценку устойчивости бортов карьеров с учетом реальной геометрии карьерной выемки, физико-механических свойств породного массива и структурных особенностей месторождения.

Методы оценки устойчивости бортов карьера. Известно, что в основном решение проблемы устойчивости бортов карьеров развивается по двум направлениям. Первое направление основано на использовании теории предельного равновесия. В этом случае не нужно знать напряженное состояние прибортового массива, но требуется задание границы зоны возможного разрушения.

Второе направление основано на численных методах. В основном используется метод конечных элементов (FEM), метод конечных разностей (FDM) или метод отдельных элементов (DEM). Они имеют большие преимущества по сравнению с традиционными методами, поскольку не только удовлетворяют условиям равновесия, но и позволяют рассчитывать напряженное состояние прибортового массива.

Следует отметить, что в традиционной постановке они позволяют рассчитывать напряженное состояние, поле смещений и пластические зоны в породном массиве. Но они не позволяют оценивать величину фактора безопасности, которая требуется при анализе устойчивости бортов карьеров.

С развитием компьютерной техники и теории пластичности для горных пород в программах были реализованы нелинейные технологии, позволяющие

использовать их при анализе устойчивости бортов карьеров. Эти технологии успешно используются многими авторами.

Вначале рассмотрим простейшие методы анализа устойчивости карьеров с присущими им преимуществами и ограничениями.

Стереографический и кинематический методы. Для их реализации требуются: геометрия карьера и разрывов, представительные прочностные характеристики сдвига.

Их преимущества: относительная простота в использовании и получение предварительных данных о возможных разрушениях. Некоторые из них позволяют выявить потенциально опасные уступы бортов. Возможно использование в сочетании с другими методами анализа, в том числе со статистическими методами для определения вероятности потери устойчивости.

Их ограничения: возможность использования только для предварительного проектирования простых карьеров. Необходимость построения линии предельного состояния с использованием прочности на сдвиг.

Метод предельного равновесия. Для его реализации требуются: представительная геометрия объекта и характеристики материала; прочностные характеристики породного массива (сцепление, сдвиг и трение); условия фильтрации подземных вод.

Его преимущества: широкий выбор программного обеспечения, доступного для различных моделей разрушения. Возможность анализа фактора безопасности в зависимости от изменения геометрии карьера и свойств породного массива. Возможность моделирования плоских и объемных слоистых моделей с армировкой и профилем подземных вод.

Ограничения метода: расчет фактора безопасности не позволяет установить механизм неустойчивости борта карьера. Возможно использование различных численных методов, но при разных граничных условиях. Не рассматривается исходное напряженное состояние. Вероятностный анализ требует четко определенной исходной информации, чтобы получить геомеханически обоснованные оценки.

Таким образом, первым шагом в любом анализе устойчивости бортов карьеров должна быть детальная оценка литологии и структуры породного массива. Далее следует определить, является ли ориентация существующих разрывов нестабильной. Эта оценка может быть проведена с помощью стереографических методов и кинематического анализа. Например, программа DIPS [3] позволяет визуализировать и определить кинематическую обоснованность проекта карьера с использованием конусов трения и рельефа дневной поверхности, в дополнение к гра-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

фическому и статистическому анализу свойств разрывов. При этом важно, что исследователь знает, что такие подходы позволяют установить возможное сдвижение при наличии одиночных разрывов или их пересечений. Они не ориентированы на прогноз разрушения борта карьера при наличии системы разрывов или внутренние деформации и разрушения. Тем не менее, выявленные в DIPS разрывные нарушения могут быть импортированы в программы, реализующие метод предельного равновесия (например, SWEDGE [3], SAFEX [4], KBSLOPE [5]), для оценки запаса прочности против скольжения.

В последние годы внесены существенные дополнения в программы, реализующие метод предельного равновесия:

- введение конечно-элементного учета потока подземных вод и анализа напряженного состояния (например, GEO-SLOPE, SIGMA/W, SEEP/W and SLOPE/W [6]);
- разработка 3D-методов предельного равновесия (например, CLARA [7]; 3D-SLOPE [8]);
- значительно улучшена графическая визуализация.

Численные методы анализа устойчивости бортов карьеров. Численные методы, используемые для анализа устойчивости бортов карьера, можно разделить на три направления: методы расчета для сплошной среды, методы расчета для дискретной среды и гибридные модели.

Методы расчета для сплошной среды (методы конечных элементов и конечных разностей). Для их использования требуются: детальная геометрия карьера; модель среды – упругая, упруго-пластическая, пластическая и т.д.; характеристики фильтрации подземных вод; прочность пород на сдвиг; исходное напряженное состояние.

Их преимущества: позволяют проводить оценку деформаций и разрушения материала. Возможность 3D-моделирования. Позволяют моделировать взаимодействие подземных вод и порового давления. Возможность оценить изменения различных параметров на устойчивость системы. Возможность включения деформаций ползучести и динамического анализа.

Их ограничения: пользователи должны быть хорошо обучены, опытны и иметь практику моделирования, знать ограничения программного обеспечения (граничные условия, особенности генерации сетки конечных элементов, ограниченность памяти ПК). Ограниченное наличие достоверных исходных данных. Невозможность моделирования сильно нарушенных породных массивов.

Следует отметить, что моделирование сплошных сред лучше всего подходит для анализа карьеров, борта которых состоят из неповрежденных или слабых горных пород. В большинство таких программ включены средства для учета разрывных нарушений, но они не предназначены для анализа блочных сред. Характерные их преимущества и недостатки обсуждаются в работе [9]. В последние годы подавляющее большинство публикаций по анализу бортов карьеров для сплошных сред посвящено использованию 2D -

конечно разностной программы FLAC [10]. Эта программа включает широкий выбор моделей среды для характеристики породного массива в сочетании с возможностью гидромеханического и динамического моделирования.

Понятно, что 2D-программы невозможно использовать для неоднородных прибортовых массивов сложной структуры и литологии. Недавно появившиеся 3D-программы FLAC3D [10] и VISAGE [11] позволяют исследователю проводить 3D-анализ устойчивости бортов карьеров на настольном компьютере.

Хотя программы для однородной среды являются чрезвычайно полезными при анализе механизма разрушения горных пород карьера, но за результаты расчетов несет ответственность исследователь, т.е. он должен проверить, являются ли они представительными на данной стадии рассмотрения. В тех случаях, когда породный массив содержит множество систем трещин, которые формируют механизм разрушения, более целесообразно использовать методы расчета для неоднородных сред.

Метод расчета для дискретной среды (метод отдельных элементов). Для его использования требуются: детальная геометрия карьера и разрывных нарушений; жесткость контактов и прочность на сдвиг; характеристики подземных вод; исходное напряженное состояние.

Его преимущества: деформируемые блоки и их взаимное перемещение относительно друг друга; возможность моделирования сложного взаимодействия (сочетание материалов и разрывов, гидромеханический и динамический анализ); возможность оценить степень влияния отдельных параметров на устойчивость системы породных блоков.

Его ограничения: пользователь обязан соблюдать надлежащую практику моделирования.

При использовании метода отдельных элементов породный массив может быть представлен как совокупность жестких или деформируемых блоков. Возможен анализ скольжения по контактам блоков, открытие/закрытие разрывных нарушений за счет контролируемых нормальной и сдвиговой жесткости контактов. Наиболее популярным является метод отдельных элементов [12-13]. Программы метода отдельных элементов, такие как UDEC [10], используют закон сила-смещение в специальном итерационном процессе между деформируемыми блоками и второй закон движения Ньютона, обеспечивая смещения, возникающие в борту карьера.

UDEC особенно хорошо подходит для задач, связанных с разрывными средами, и широко используется в расследовании оползней и устойчивости бортов разрезов. Влияние внешних факторов, таких как подземная добыча, землетрясения и давление грунтовых вод на скольжение и деформацию породных блоков также может быть смоделировано.

Например, в [14] приведен анализ крупного оползня, произошедшего в провинции Альберта, Канада. Это исследование иллюстрирует роль подземной добычи угля у подножия горного склона.

В работе [15] иллюстрируется использование UDEC при моделировании устойчивости склона при его подработке шахтой Luscar (Альберта, Канада). Результаты численного анализа на устойчивом и неустойчивом склонах дали ценную информацию для дальнейшего планирования горных работ.

Гибридные (объединенные) методы расчета. Для их использования требуются вся информация как для методов, представленных выше.

Их преимущества: построение общей FEM/DEM модели, например, для моделирования распространения трещин и разрушения блочных и слоистых сред.

Их ограничения: такие методы требуют много памяти и мощные процессоры; сравнительно малый опыт их использования; требует постоянных уточнений.

Комбинированный анализ, включающий методы предельного равновесия и конечных элементов, реализован, например, в программе GEO-SLOPE [6].

Другие гибридные численные модели, используемые в геомеханике, объединяли BEM/FEM, BEM/DEM методы и FLAC3D/PFC3D [16].

Гибридные программы с процедурой перестройки сетки элементов, такие как ELFEN [17], были успешно применены для моделирования интенсивной трещиноватости в подработанных породах и обрушении кровли [18]. Авторы в настоящее время исследуют возможность использования этого кода при моделировании процессов разрушения бортов карьеров.

Проведенный анализ показал, что для оценки напряженного состояния прибортового массива карьеров и его устойчивости в наибольшей степени подходит метод отдельных элементов. Расчет поля напряжений прибортового массива и оценку фактора безопасности мы будем проводить с использованием программы UDEC. В ней для его вычисления реализована методика, предложенная Dawson [19], которая основана на методе предельного состояния по критерию Кулона-Мора (Coulomb-Mohr).

Оценка фактора безопасности. Первая характеристика оценки устойчивости бортов карьера – фактор безопасности. Он вычисляется как отношение действующих напряжений в прибортовом массиве к напряжениям, приводящим к разрушению породного материала.

Для сопоставления возьмем данные оценки фактора безопасности, выполненные различными авторами по разным методикам [20-22].

В качестве примера рассмотрим схему условного карьера в однородной среде. Расчетные параметры: высота карьера $H=20$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0.2$, объемный вес пород $\gamma=2500$ кг/м³, модуль упругости пород $E=10$ МПа, сцепление $c=42$ кПа, угол внутреннего трения $\varphi=17^\circ$.

В табл.1 приведены расчетные значения фактора безопасности для разных углов наклона борта карьера. Видно, что рассчитанные по UDEC значения фактора безопасности наиболее близки к данным, полученным Spenser [22]. С другой стороны, отличие от наиболее используемого метода Bishop [21] для углов 30° и 35° не превосходит 8%. Для углов больше

40° различие составляет менее 13%. Известно, что в [20-22] основой методов расчета устойчивости откосов является теория предельного равновесия сыпучей среды. В нем предполагается, что призма возможного обрушения смещается как единое целое. Такой подход приводит к занижению рассчитываемого соотношения удерживающих и сдвигающих сил, т.е. к занижению коэффициента запаса устойчивости. Поэтому, полученные нами значения фактора безопасности можно считать приемлемыми для практических расчетов.

Таблица 1

Расчетные значения фактора безопасности

Метод оценки фактора безопасности	Угол наклона борта карьера				
	30°	35°	40°	45°	50°
ANSYS [20]	1.78	1.62	1.48	1.36	1.29
Bishop [21]	1.39	1.26	1.15	1.06	0.99
Spenser [22]	1.46	1.32	1.21	1.12	1.04
UDEC [10]	1.49	1.36	1.28	1.16	1.12

Следует отметить, что согласно данным ряда исследователей, например, [23], для карьеров значение фактора безопасности, превосходящее 1.25, считается удовлетворительным.

Проект отработки месторождения Chuquicamata mine. На рис.1 приведено типовое вертикальное сечение карьера “Chuquicamata mine” [24]. Расчеты проводились для однородной среды при следующих параметрах: плотность $\rho=0.026$ МН/м³, коэффициент Пуассона $\nu=0.25$, модуль упругости $E=4600$ МПа, сцепление $c=0.22$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi=38^\circ$.

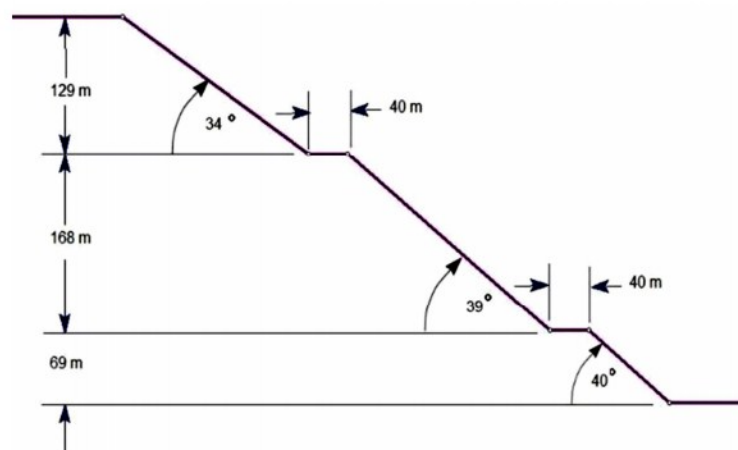


Рис. 1. Контур карьера «Chuquicamata mine» [24]

Результат оценки фактора безопасности по программе UDEC для карьера (рис.1) составляет 1.81. В статье [24] по программе Phase2 он установлен на уровне 1.83 и утверждается, что борт карьера устойчив. Наши расчеты подтверждают это заключение.

Проект отработки карьера “Чернореченский”. На рис.2 приведено типовое вертикальное сечение карьера “Чернореченский” из работы [25].

В работе [25] автор установил, что при принятых физико-механических свойствах горных пород и значениях прочностных характеристик $C=1.1$ МПа и $\varphi=28.35^\circ$ обеспечивается требуемая устойчивость борта карьера с генеральным углом его наклона 60° . При этом расчетный коэффициент запаса равен 1.79.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

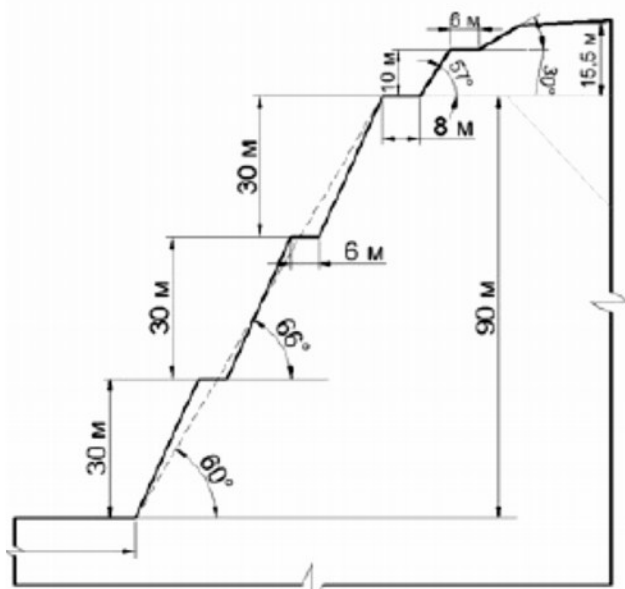


Рис.2. Типовое вертикальное сечение карьера «Чернореченский»

В табл. 2 приведены физико-механические характеристики слагающих пород.

Таблица 2

Физико-механические свойства горных пород

Наименование	Объемный вес, кг/м ³	Коэффициент Пуассона	Модуль упругости, МПа
Поверхностный слой (суглинок)	2000	0.35	500
Известняк	2700	0.30	45000
Вмещающий массив	2700	0.25	40000

Значение фактора безопасности, рассчитанное по программе UDEC, составляет 1.67. Принимая во внимание, что автор не указал метод расчета коэффициента запаса, можно считать, что оба критерия свидетельствуют об устойчивости принятой схемы карьера.

Заключение

Проведенный анализ методов оценки напряженного состояния прибортового массива показал, что только при использовании метода отдельных элементов он может быть представлен как совокупность деформируемых блоков с учетом анализа скольжения по контактам блоков, открытия/закрытия разрывных нарушений за счет контролируемых нормальной и сдвиговой жесткости контактов.

Проведенный анализ методов оценки фактора безопасности показал, что расчеты по программе UDEC можно считать приемлемыми для практических расчетов.

Литература

1. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. -Л. ВНИИ 1972. 166 с.
2. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. С-Петербург, ВНИИ 1998. 208 с.
3. Rocscience Software Products - DIPS, SWEDGE, ROCFALL. 2001. Rocscience Inc.: Toronto.
4. Windsor, CR and Thompson, AG (1993). SAFEX - Stability Assessment for Excavations in Rock. Rock Technology Software: Leederville, Western Australia.
5. PT Workshop (Kbslope Module). Panttechnica, 2001: Eden Prairie, MN.
6. GEO-SLOPE Office - Slope/W, Seep/W, Sigma/W, CTran/W, Temp/W. 2000, GEO-SLOPE International Ltd.: Calgary.
7. Hungr, O. CLARA - Slope Stability Analysis in Two and Three Dimensions. 1992, Vancouver.
8. Lam, L and Fredlund, DG. A general limit equilibrium model of three-dimensional slope stability analysis. Can. Geotech. J., 1993, 30 (6): 905-919.
9. Hoek, E, Grabinsky, MW and Diederichs, MS. Numerical modelling for underground excavations. 1993, Trans. Instit. Min. Metall. - Sect. A, 100: A22-A30.
10. Itasca Software Products - FLAC, FLAC3D, UDEC, 3DEC, PFC2D/3D. 2001. Itasca Consulting Group Inc.: Minneapolis.
11. VISAGE - Vectorial Implementation of Structural Analysis and Geotechnical Engineering. 1999. Vector International Processing Systems Ltd.: Winkfield-Windsor, UK.
12. Cundall, P. A. «A Computer Model for Simulating Progressive Large Scale Movements in Blocky Rock Systems», in Proceedings of the Symposium of the International Society of Rock Mechanics (Nancy, France, 1971), Vol. 1, Paper No. II-8, 1971
13. Cundall, P. A., and R. D. Hart. «Development of Generalized 2-D and 3-D Distinct Element Programs for Modeling Jointed Rock», Itasca Consulting Group; Misc. Paper SL-85-1, U.S. Army Corps of Engineers, 1985.
14. Benko, B and Stead, D (1998). The Frank Slide: A reexamination of the failure mechanism. Can. Geotech. J., 35 (2): 299-311.
15. Benko, B and Stead, D (1999). Analysis of two landslide case studies using numerical modelling. In Proc., 13th Annual Vancouver Geotechnical Society Symp., Vancouver. 19-29.
16. Linking Itasca codes: Interactive analyses of coupled 3D problems. 1999, Itasca Soft Spot, 7 (1): 5-8.
17. ELFEN 2D/3D Numerical Modelling Package. 2001, Rockfield Software Ltd.: Swansea.
18. Munjiza, A, Owen, DRJ and Bicanic, N. A combined finite-discrete element method in transient dynamics of fracturing solids. Engineering Computations, 1995, 12: 145-174.
19. Dawson E.M., Roth W.H., Drescher A. «Slope Stability Analysis by Strength Reduction», Geotechnique, 1999, Vol. 49, No. 6, pp. 835-840.
20. Zhao Shangyi Zheng Yingren Slope Safety Factor Analysis Using ANSYS. Logistical Engineering University, ChongQing, China.
21. Bishop A.W. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. 1955. Geotechnique 5, 7-17.
22. Spencer, E. A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. Geotechnique, 1969, Vol.17, pp.11-26.
23. Burr, A and Cheatham, J: Mechanical Design and Analysis, 2nd edition, Prentice-Hall, 1995.
24. Hoek, E. Fundamentals of slope design. Keynote address at Slope Stability. 2009, Santiago, Chile, 9 - 11 November 2009. Details from www.slopestability.cl.
25. Неверов А.А. Прогнозная оценка устойчивости бортов карьера «Чернореченский» на конечной стадии разработки. Физические процессы горного производства. 2003.

Виктор Васильевич Зубков, д-р техн.наук, гл. научн.сопр.,
тел. 8-911-944-5199, E-mail: VVZubkov@yahoo.com;

Ирина Александровна Зубкова, канд.техн.наук, ст. научн.сопр.,
тел. (812) 321-8547, E-mail: zubkova@smpi.ru;

Андрей Константинович Бычин, аспирант кафедры Безопасности
Производств, тел. (812) 321-8547, E-mail: bychin@smpi.ru
(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»)

УДК 622.834.1:622.031.52-118

В.Н.Гусев, А.Е.Журавлев

ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСЕДАНИЙ ПРИ ПРОХОДКЕ ТОННЕЛЕЙ В УСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ

Приведена методика прогноза максимальных оседаний от проходки тоннелей в устойчивых грунтах способом микротоннелирования. Показано, что максимальное оседание зависит от глубины заложения тоннеля и угла внутреннего трения грунтов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тоннели; глубина заложения; оседания; угол внутреннего трения.



В.Н.Гусев



А.Е.Журавлёв

Одной из новейших технологий строительства тоннелей является микротоннелирование, появившееся в России около 15 лет назад. В общепринятом понимании, микротоннелирование –

это сооружение тоннеля, основанное на технологии продавливания труб, в котором управление проходческой машиной осуществляется удаленно, с поверхности земли. Диаметр микротоннелей обычно не превышает 2,5 м, но в мире известны случаи, когда диаметр составляет 3 м и более. На рис.1 изображен классический пример сооружения микротоннеля из специальной камеры.

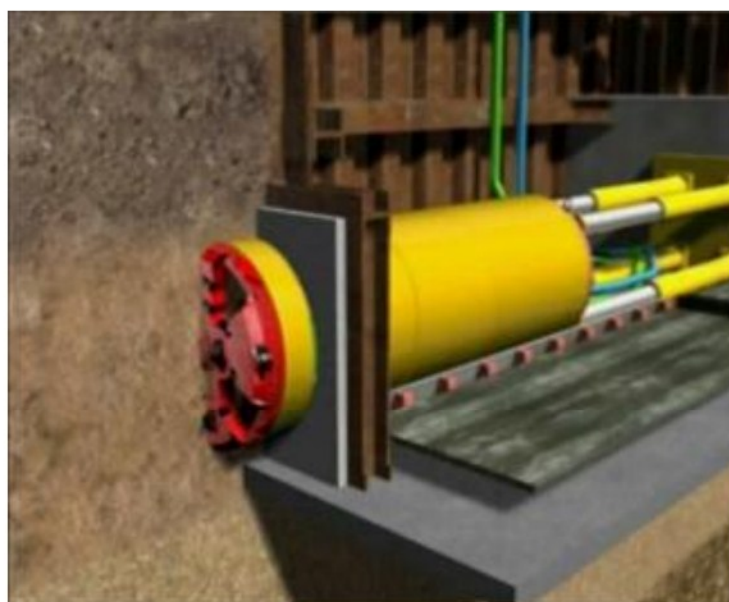


Рис.1. Начало проходки микротоннеля

Тоннелепроходческие комплексы проектируются таким образом, чтобы диаметр выработанного пространства превышал диаметр обделки тоннеля. В технологии продавливания труб такой подход помогает уменьшить трение между поверхностью трубы и грунтом: образующийся зазор заполняется бентонитом и в плотных грунтах позволяет свести к минимуму влияние грунтовых условий на усилие продавливания. Трубный став движется в бентоните, и усилие продавливания мало зависит от длины тоннеля.

Одной из проблем современного тоннелестроения является прогноз сдвижений и деформаций, возникающих под влиянием проходки. Своевременный и точный расчет последствий строительных работ

обеспечивает сохранность близлежащих сооружений. В то же время, меры по предупреждению и уменьшению деформаций позволяют прокладывать тоннели максимально близко к существующим объектам, что значительно расширяет возможности освоения подземного пространства городов.

Проходка тоннелей в устойчивых грунтах отличается от проходки в слабых грунтах тем, что в первом случае зазор между тоннелем и грунтом сохраняется достаточно долгое время, а также практически исключен «перебор» грунта из забоя. Поэтому объем мульды после стабилизации грунтов над тоннелем (грунт полностью «обхватывает» трубу), а также после их повторного уплотнения (плотность грунтов сопоставима с первоначальной), можно приравнять к объему упомянутого зазора [1].

Вертикальные смещения (оседания) в поперечном сечении мульды как следует из [2]:

$$\eta_x = \eta_0 \cdot e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}}$$

Площадь мульды или единичный объем:

$$S = \int_{-\infty}^{+\infty} \eta_x dx = \eta_0 \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}} dx,$$

откуда

$$S = \eta_0 i_x \cdot \sqrt{2\pi}. \quad (1)$$

При проходке в твердых грунтах (например, глинистых) объем мульды можно приравнять к объему зазора между тоннелем и грунтом (рис. 2). Единичный объем зазора вычисляется по формуле:

$$S = \pi \cdot a \cdot (d + a), \quad (2)$$

где d – наружный диаметр тоннеля; a – зазор между грунтом и тоннелем.

Из (1) и (2) следует:

$$\eta_0 i_x \cdot \sqrt{2\pi} = \pi \cdot a \cdot (d + a),$$

откуда

$$\eta_0 = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \frac{1}{i_x} \cdot a \cdot (d + a). \quad (3)$$

Из [2] известно, что $i_x = 0,5z_0$, где z_0 – глубина тоннеля. Поэтому

$$\eta_0 = \frac{\sqrt{2\pi}}{z_0} \cdot a \cdot (d + a). \quad (4)$$

Таким образом, максимальные оседания поверхности над тоннелем при проходке в устойчивых грунтах зависят от параметров комплекса (диаметра

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

обделки и зазора между обделкой и грунтом), а также от глубины проходки.

На примере проходческих комплексов ООО «СТИС» (г.Санкт-Петербург), подставляя в формулу (4) реальные значения a и d , получаем выражения для максимальных оседаний, которые ожидаемо возрастают с увеличением диаметра тоннеля (табл.1). На графике (рис.3) представлены кривые зависимости максимальных оседаний от глубины заложения тоннеля для различных типов щитов.

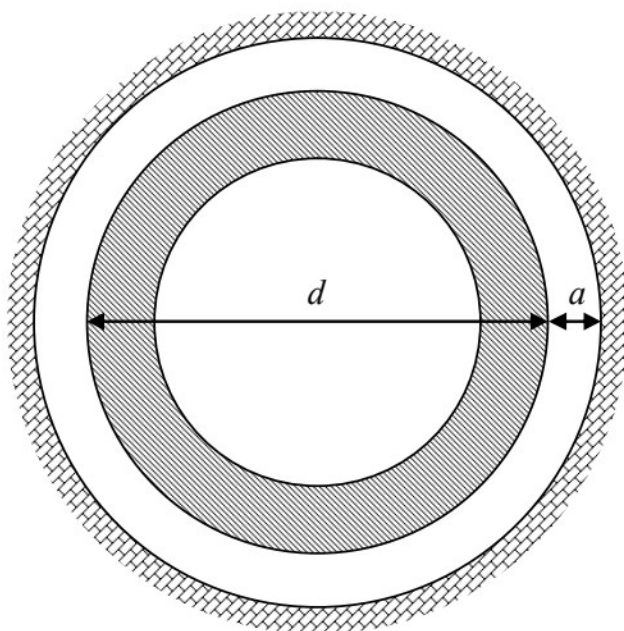


Рис.2. Зазор a между грунтом и тоннелем наружного диаметра d

Таблица 1

Максимальное оседание с учетом параметров проходческих комплексов

Модификация тоннелепроходческого комплекса	Наружный диаметр тоннеля (d), м	Зазор между грунтом и тоннелем (a), м	Прогнозируемое максимальное оседание (η_0), м
AVN 800	1,090	0,010	$0,03/z_0$
AVN 1200	1,500	0,020	$0,08/z_0$
AVN 1200 (с расш. рубашкой 1500)	1,780	0,032	$0,15/z_0$
AVN 1600	1,940	0,035	$0,17/z_0$
AVN 2000	2,500	0,030	$0,19/z_0$

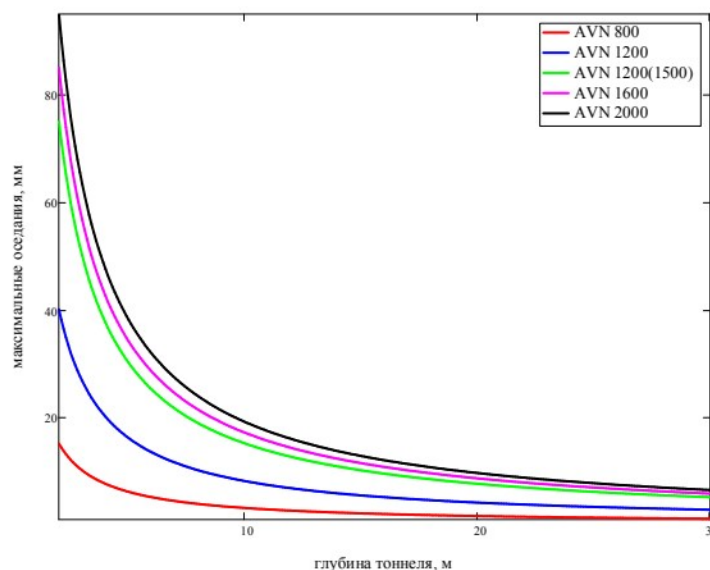


Рис.3. График зависимости максимальных оседаний от глубины заложения тоннеля для различных типов щитов

Приведенные в табл.1 выражения учитывают только геометрические параметры проходки тоннелей указанными проходческими комплексами. В работе [3] для определения максимального оседания η_{0c} в четвертичных отложениях г.Санкт-Петербурга рекомендовано выражение:

$$\eta_{0c} = \frac{U_0 \cdot \sqrt{h_0^2 - r_0^2} \cdot \pi}{L}, \quad (5)$$

где U_0 – максимальное оседание свода тоннеля, для рассматриваемого случая $U_0 = 2a$ (рис.2); h_0 – мощность протерозойских глин над центром тоннеля, $h_0=0$ (проходка осуществляется только в четвертичных отложениях); r_0 – радиус тоннеля в проходке, $r_0 = [(d/2)+a]$; L – полумульда оседаний земной поверхности, $L = r_0 + h_1 \cdot \text{ctg } \theta$; h_1 – мощность четвертичных отложений над осью тоннеля, обозначенная в формуле (4) через z_0 ; θ – угол сдвижения в четвертичных отложениях, $\theta = (\pi/4) + (\varphi/2)$; φ – угол внутреннего трения четвертичных отложений. В результате выражение (5) примет следующий вид:

$$\eta_{0c} = \frac{2a \cdot r_0 \cdot \pi}{2r_0 + z_0 \cdot \text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)}. \quad (6)$$

Из анализа выражений (4) и (6) следует, что максимальное оседание, рассчитанное по формулам табл.1, соответствуют максимальным оседаниям, рассчитанным по формуле (6) при $\varphi=0^\circ$. В частности, это положение проиллюстрировано на рис.4 для тоннелепроходческого комплекса AVN 800. На этом же графике показано распределение максимальных оседаний в зависимости от мощности z_0 и угла внутреннего трения φ четвертичных отложений, рассчитанных по формуле (6) в которую подставлялись данные по комплексу AVN 800 (табл.1).

Таблица 2

Аналитическое выражение зависимости K_φ от угла внутреннего трения (φ) для различных модификаций проходческих комплексов

Модификация тоннеле-проходческого комплекса	K_φ
AVN 800	$1.066 \cdot e^{0.018\varphi}$
AVN 1200	$1.080 \cdot e^{0.017\varphi}$
AVN 1200 (с расш. рубашкой 1500)	$1.081 \cdot e^{0.017\varphi}$
AVN 1600	$1.129 \cdot e^{0.017\varphi}$
AVN 2000	$1.089 \cdot e^{0.017\varphi}$

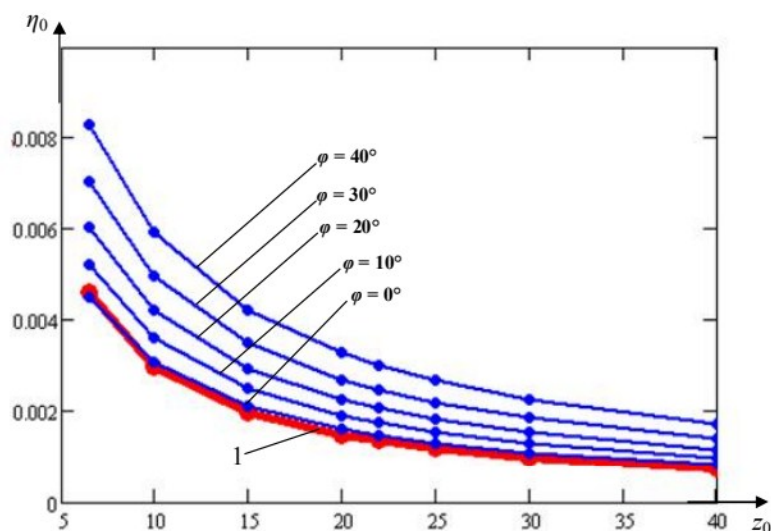


Рис.4. Распределение максимальных оседаний в зависимости от глубины оси тоннеля (z_0) и угла внутреннего трения (φ) при использовании тоннелепроходческого комплекса AVN800 (табл.1):

1 – график функции $\eta_0 = 0.03/z_0$ для тоннелепроходческого комплекса AVN800 (табл.1); остальные графики получены по формуле (6) для $\varphi = 0^\circ \dots 40^\circ$.

Аналогичная картина была получена для остальных модификаций тоннелепроходческих комплексов (табл.1). Исходя из такого распределения максимальных оседаний при использовании тоннелепроходческого комплекса AVN 800, можно записать:

$$K_\varphi = \frac{\eta_{0c}}{\eta_0}, \quad (7)$$

$$\text{где } \eta_0 = 0.03/z_0 \text{ (табл.1); } \eta_{0c} = \frac{2a \cdot r_0 \cdot \pi}{2r_0 + z_0 \cdot \operatorname{ctg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}.$$

Параметры a и r_0 для соответствующей модификации комплекса приведены в табл.1 и в том числе для рассматриваемого AVN 800. Для полученного соотношения (7) был построен график зависимости K_φ от z_0 для различных углов внутреннего трения φ (рис.5). Из графика видно, что K_φ практически не меняется с увеличением z_0 и зависит от угла внутреннего трения φ . Зависимость K_φ от φ носит экспоненциальный характер (рис.6), аналитическое выражение которой имеет следующий вид:

$$K_\varphi = 1.066 \cdot e^{0.018\varphi}. \quad (8)$$

Аналогичная зависимость (рис.5, 6) была выявлена и для других модификаций проходческих комплексов, для которых в табл.2 приведены аналитические выражения, отражающие характер этой взаимосвязи.

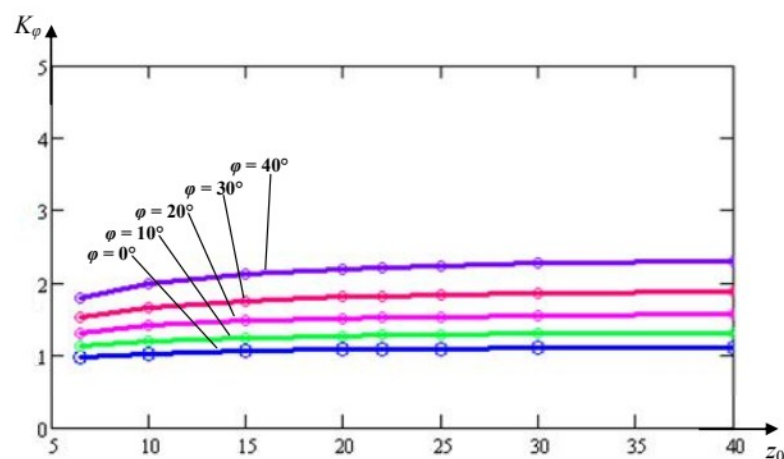


Рис.5. Зависимость коррелирующего коэффициента (K_φ) от глубины оси тоннеля (z_0) и угла внутреннего трения (φ) при использовании тоннелепроходческого комплекса AVN800 (табл.1)

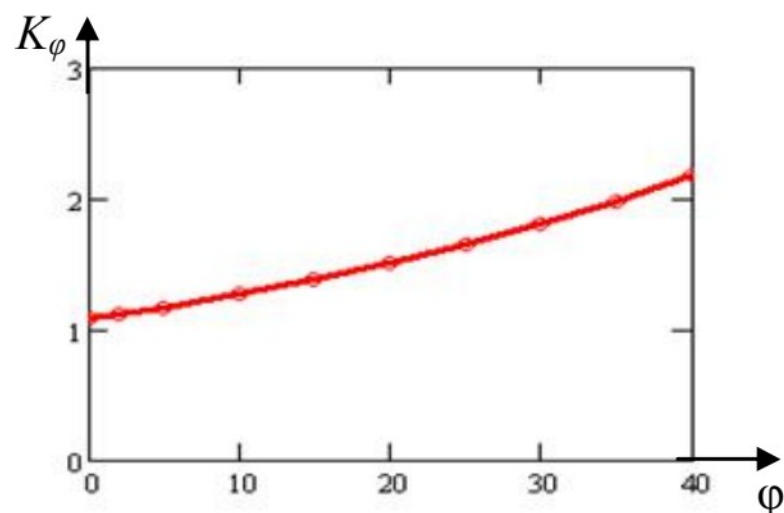


Рис.6. Зависимость коррелирующего коэффициента K_φ от угла внутреннего трения φ для проходческого комплекса AVN800

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

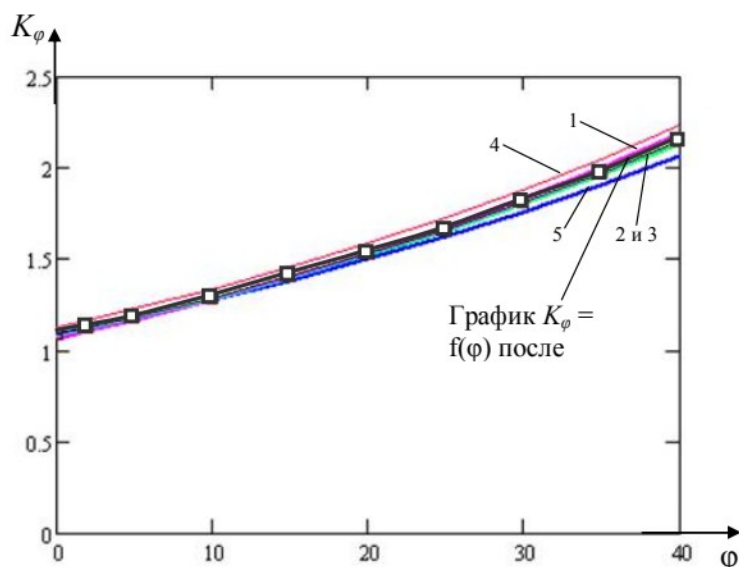


Рис.7. Зависимость K_ϕ от угла внутреннего трения ϕ для различных модификаций проходческих комплексов:

- 1 — для комплекса AVN 800; 2 — для AVN 1200;
3 — для AVN 1200 (с расшир. рубашкой 1500);
4 — для AVN 1600; 5 — для AVN 2000

Из приведенных в табл.2 для каждой модификации комплекса уравнений для определения K_ϕ , а на рис.7 графиков этих уравнений видно, что их можно заменить на одно уравнение через усреднение соответствующих коэффициентов:

$$K_\phi = 1.089 \cdot e^{0.017\phi}. \quad (9)$$

Исходя из (7) и (9), прогнозируемое максимальное оседание при строительстве тоннелей в четвертичных отложениях тоннелепроходческими комплексами составит:

$$\eta_{0c} = \eta_0 \cdot K_\phi, \quad (10)$$

где η_0 — максимальное оседание, зависящее от применяемой модификации проходческого комплекса (см. табл.1); K_ϕ — коэффициент, учитывающий влияние угла внутреннего трения четвертичных отложений на величину максимального оседания, который определяется по формуле (9).

Таким образом, максимальное оседание при применении проходческого комплекса AVN 800 должно определяться из выражения:

$$\eta_{0800} = (0,03/z_0) \cdot 1.089 \cdot e^{0.017\phi},$$

при применении AVN 1200 — из выражения:

$$\eta_{01200} = (0,08/z_0) \cdot 1.089 \cdot e^{0.017\phi},$$

при применении AVN 1200 (с расш. рубашкой 1500) — из выражения:

$$\eta_{01200/1500} = (0,15/z_0) \cdot 1.089 \cdot e^{0.017\phi},$$

при применении AVN 1600 — из выражения:

$$\eta_{01600} = (0,17/z_0) \cdot 1.089 \cdot e^{0.017\phi},$$

при применении AVN 2000 — из выражения:

$$\eta_{02000} = (0,19/z_0) \cdot 1.089 \cdot e^{0.017\phi},$$

где z_0 — мощность четвертичной толщи над осью тоннеля; ϕ — средневзвешенное значение угла внутреннего трения в четвертичных отложениях мощностью z_0 .

Литература

1. Авершин С.Г. Горные работы под сооружениями и водоемами. М.: Углетехиздат, 1954. 324 с.
2. Журавлёв А.Е., Гусев В.Н. Определение параметров перехода от кривизны, получаемой из натурных наблюдений при различных интервалах между реперами, к истинной кривизне / Маркшейдерский вестник № 5, 2013. С.32-36
3. Пособие по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горнопроходческих работ при строительстве метрополитена. Л., Стройиздат (Ленингр. отд-ние), 1973. 72 с.

Владимир Николаевич Гусев, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», тел. (812) 328-82-59, E-mail: kmd@spmi.ru;
Алексей Евгеньевич Журавлёв, главный маркшейдер ООО «Струйные технологии и строительство - СТус», тел. (812) 766-4854, E-mail: zhuravlev@stis.com.ru

Уважаемые коллеги!

ООО «Союз маркшейдеров России», НП «СРГП «Горное дело» совместно с Некоммерческим партнерством «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело», Российское геологическое общество (РосГео) при участии Ростехнадзора приглашают Вас принять участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр», г. Ессентуки, которая пройдет с 25.05.2015 по 30.05.2015. Ориентировочная стоимость оргвзноса 43 650 руб.

Для участия в конференциях приглашены руководители и специалисты Ростехнадзора, Росприроднадзора, министерств и ведомств природоресурсного блока, горно- и нефтегазодобывающих организаций, научных, проектных и учебных организаций.

С тематикой конференции, контрольными сроками и требованиями к оформлению заявок и текстов докладов можно ознакомиться на сайте www.mwork.ru, www.gorobr.ru или по тел. (495) 641-00-45.

Редакция «МВ»

УДК 622.831

С.В.Кузьмин, До Куанг Туан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УВЛАЖНЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В РАЙОНЕ ДЕЛЬТЫ КРАСНОЙ РЕКИ (ВЬЕТНАМ)

Представлены результаты испытания вмещающих пород (глинистых и песчано-глинистых сланцев) на прочность при их увлажнении. Получена формула, учитывающая уменьшение прочности пород при увлажнении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: увлажнение; слабые породы; обводненные породы; прочность пород; влагонасыщение.



С.В.Кузьмин



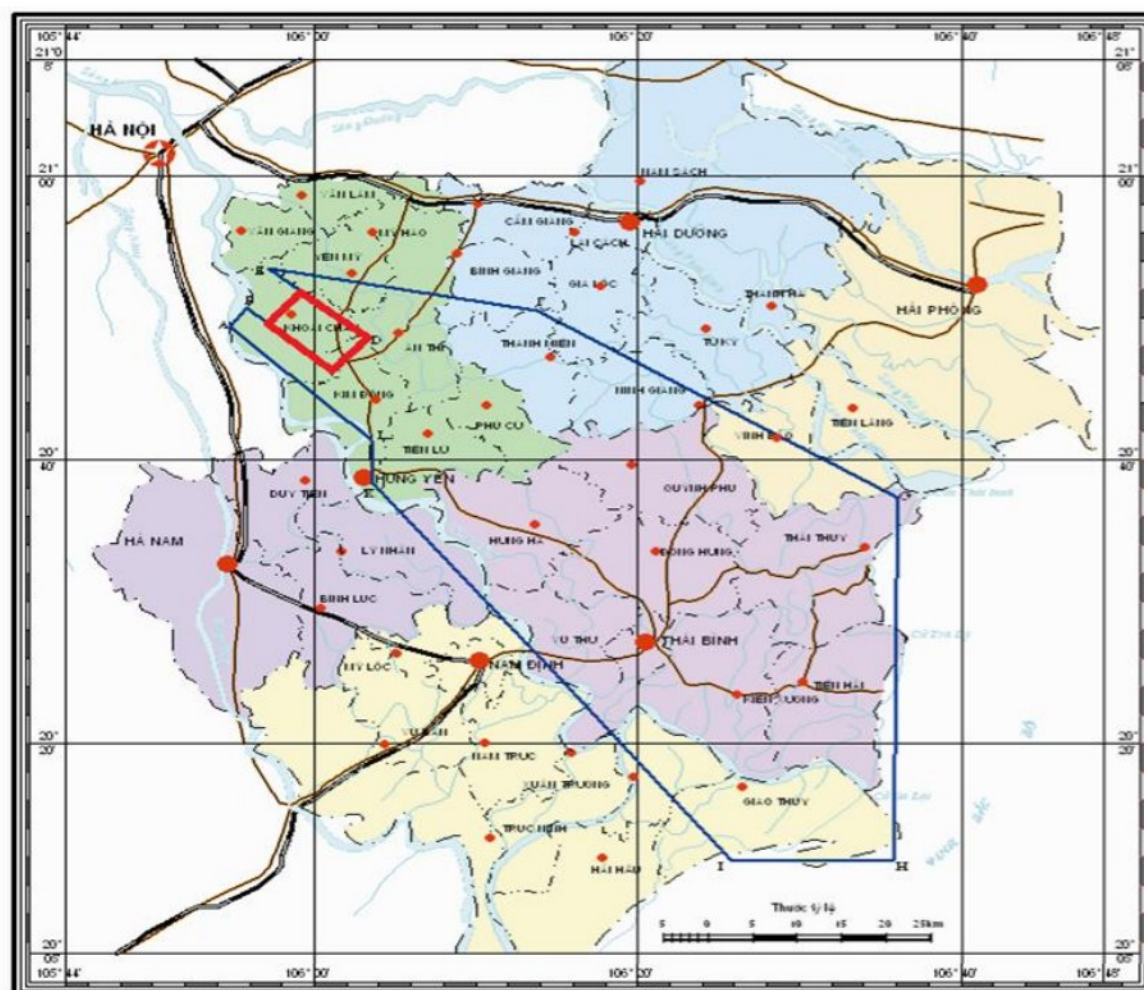
До Куанг Туан

Угольное месторождение в районе Красной реки (Вьетнам) является месторождением, которое в ближайшей перспективе будет основной угольной базой

Вьетнама.

Разведанные запасы угля на месторождении составляют 250 млрд.т. Уголь залегает на большой глубине (первоначальная отработка пластов намечается с глубины 400 м) и представлен свитой состоящей из 20 пластов различной мощности от тонких до мощных.

На рис.1 показана схема расположения района разведанных запасов угля в дельте Красной реки.



Условные обозначения:

- | | | |
|--------------------------|--------------------|---|
| Ханой, столица Вьетнама | Железные дороги | Площадь разведанных запасов угля Коай Чау |
| Города – районные центры | Асфальтовые дороги | Площадь запасов угля в дельте Красной реки, планируемых к отработке |
| Города – центры коммун | Граница города | |
| | Граница района | |
| | Реки | |

Рис.1. Схема расположения района разведанных запасов угля в дельте Красной реки

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Рассматриваемое месторождение бурого угля характеризуется весьма слабыми водоносными породами. Породы угленосной толщи состоят из конгломерата, песчаника, алевролита, аргиллита и глины. Мощность породных слоев изменяется от 0,5 до 15 м, иногда до 50 м. Угол падения пластов на основной части месторождения 5-15°. Пласты в большинстве случаев имеют сложное строение, включают пород-

ные прослои, в основном глинистые, толщиной 0,6-0,9 м и более. При увлажнении глинистые прослои представляют пластичную массу. Глубина залегания пластов на участке, предназначенном для первоочередной разработки, составляет 160-490 м.

Угольная свита состоит из 20 пластов, из которых только пять имеют промышленное значение. В табл.1 представлена характеристика угольных пластов.

Таблица 1

Характеристики угольных пластов

№ п/п	Пласт	Мощность min-max средняя	Структура пласта	Выдержанность по мощности	Замечания
1	19	0,15-0,88 0,48 (9)	Простая	Очень не стабилен	Не имеет пром. значения
2	18	0,20-2,09 0,87(10)	Простая	Очень не стабилен	Не имеет пром. значения
3	17	0,30-9,71 3,96 (19)	Относительно сложная	Относительно не стабилен	Имеет пром. значения
4	16	0,49-1,60 1,03 (9)	Простая	Очень не стабилен	Не имеет пром. значения
5	15	0,19-9,24 4,23 (28)	Относительно простая	Относительно стабилен	Имеет пром. ценность
6	14	0,29-14,29 4,68(36)	Относительно простая	Относительно стабилен	Имеет пром. значение
7	13	0,10-5,10 1,83 (22)	Простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
8	12	0,39-7,68 1,65 (18)	Простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
9	11	0,39-2,79 1,00 (19)	Простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
10	10	0,10-2,49 0,83 (21)	Простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
11	9	0,20-2,41 1,24 (26)	Простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
12	8	0,20 -4,62 1,11 (17)	Сложная	Нестабилен	Не имеет пром. значения
13	7	0,20 -4,14 1,24 (19)	Сложная	Нестабилен	Не имеет пром. значения
14	6	0,10-5,90 1,57 (23)	Сложная	Нестабилен	Не имеет пром. значения
15	5	0,17-2,76 0,86 (13)	Простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
16	4	0,19-6,94 3,23 (35)	Относительно простая	Относительно стабилен	Имеет пром. значение
17	3 _а	0,69-3,56 1,30 (19)	Простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
18	3	0,29-19,09 4,12 (35)	Относительно простая	Относительно стабилен	Имеет пром. значение
19	2	0,20-3,19 1,02 (20)	Относительно простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения
20	1	0,30-5,68 0,96 (14)	простая	Нестабилен	Не имеет пром. значения

Увлажнение горных пород часто приводит к уменьшению их первоначальной прочности. Для различных пород эффект разупрочнения проявляется в различной степени. Так как породы месторождения Красной реки относятся к весьма обводненным, были

проведены исследования по изучению изменения прочности на сжатие типичных для этого месторождения разновидностей горных пород, а именно глинистых и песчано-глинистых сланцев, отобранных на шахтах Воркутинского месторождения и Восточного

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Донбасса. Для испытаний были отобраны образцы пород с глубины 600-700 м с пределом прочности на сжатие 9÷70 МПа.

Испытания проводили на установке БУ-39. Образцы пород испытывали в воздушно-сухом состоянии и после различной степени увлажнения вплоть до состояния полного влагонасыщения. По результатам испытаний построен график зависимости прочности породных образцов от влажности, представленный на рис.2.

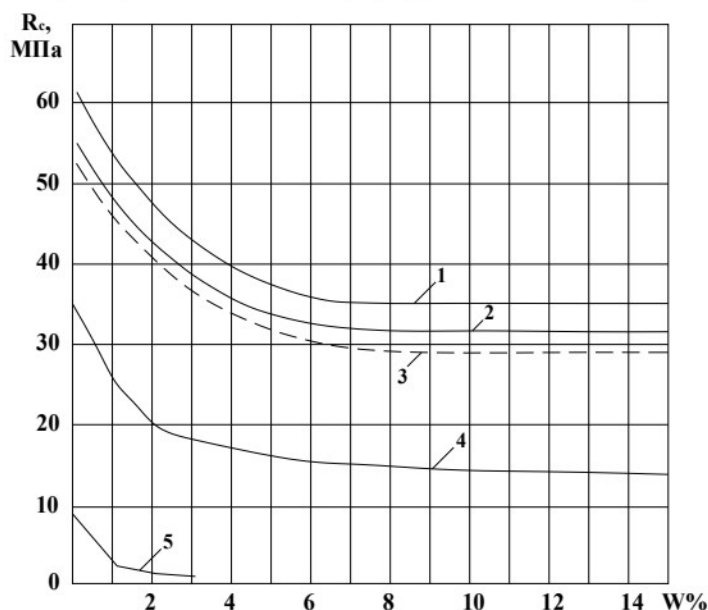


Рис.2. Изменение прочности пород на сжатие в зависимости от влажности;
1 и 2 – песчано-глинистый сланец; 3-5- глинистый сланец

В результате испытаний установлено следующее. Песчано-глинистые сланцы, имеющие в сухом состоянии прочность $R_c=56-62$ МПа, при испытании их на сжатие перпендикулярно напластованию при влажности 5% потеряли 36% своей прочности. При дальнейшем их увлажнении прочность менялась незначительно и при полном влагонасыщении (12,5%) составила 56% от первоначальной.

Глинистые сланцы прочностью 35÷45 МПа при достижении влажности 5% потеряли прочность до 52% и при полном влагонасыщении (14%) потеря прочности составила 61%.

Глинистые сланцы прочностью до 10 МПа при увлажнении до 5% теряют свою прочность до 80% и при полном влагонасыщении до 82%. Снижение прочности пород при их увлажнении характеризуется коэффициентом увлажнения (f_e), который равен отношению прочности образца при фактической влажности к его прочности в воздушно-сухом состоянии:

$$f_k = \frac{R_{e.c}}{R_{c.c}}$$

Анализ результатов исследований, а также данные, полученные геолого-разведочными организациями при проведении аналогичных испытаний пород Донецкого, Кузнецкого и Воркутинского месторождений, позволили получить обобщенные значения коэффициентов f_e , которые приведены на рис.3.

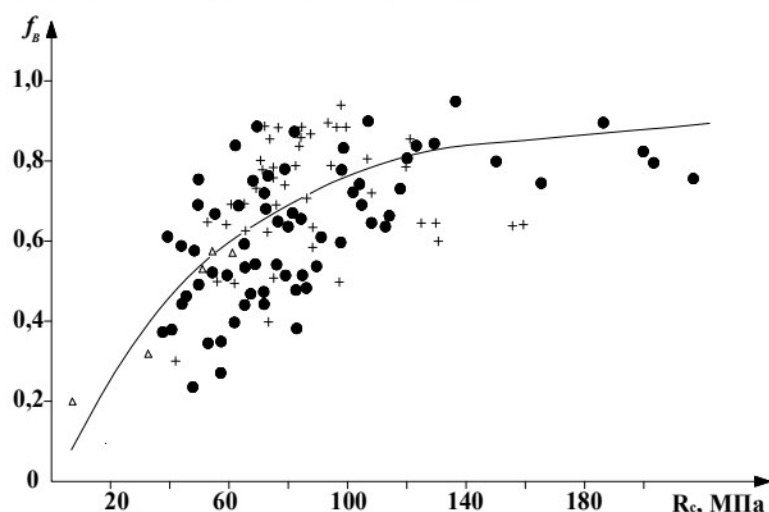


Рис.3. Зависимость коэффициента f_e от прочности пород по данным исследований:

- – в Донецком бассейне; + - в Печорском;
- Δ – в Кузнецком

Окончательная прочность пород с учетом увлажнения определяется по формуле:

$$R_c = R \cdot k_c \cdot f_e,$$

где R_c – среднее значение сопротивления пород сжатию в куске; k_c – коэффициент, учитывающий дополнительную нарушенность кровли трещиноватостью, который следует принимать равным 0,9 для I и II типа кровли и 0,6 для III типа [1]; f_e – коэффициент снижения прочности пород при их увлажнении.

Таким образом, при решении практических вопросов охраны и выбора параметров крепи капитальных выработок, особенно при расположении их в слабых обводненных породах, сопротивление массива пород одноосному сжатию необходимо определять с учетом разупрочнения пород при их увлажнении.

Литература

1. «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России» М., Ростехнадзор, 2013 г.

Сергей Владимирович Кузьмин, горный инженер, аспирант, мл.научн.сотр. лаборатории геомеханики, тел. (812)328-86-54, E-mail: kuzmichsv87@mail.ru;
До Куанг Туан, горный инженер, аспирант лаборатории геомеханики, E-mail: quangtuanmdc2000@gmail.com
(Научный центр геомеханики и проблем горного производства НМСУ «Горный», г.Санкт-Петербург)

УДК 622.831.32
622.831.6

А.С.Батугин, Юй Лицзян

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ШАХТЕ ХУАФЭН

Рассматривается взаимосвязь процесса деформации земной поверхности и повышения удароопасности на шахте Хуафэн. Показано, процесс деформации земной поверхности обусловлен наличием границы геодинамически активных блоков земной коры. Механизм образования раскрытых и протяженных трещин на поверхности шахтного поля и повышение удароопасности объясняет предлагаемая модель взаимосвязи этих процессов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геодинамическая модель; деформации земной поверхности; образование трещин; техногенная сейсмичность; горные удары; геодинамическое районирование.



А.С.Батугин

Юй Лицзян

Шахта Хуафэн, находящаяся в провинции Шаньдун, является одной из наиболее глубоких и удароопасных шахт Китая. В настоящий момент шахта разрабатывает уголь-

ный пласт №4, имеющий северо-восточное падение 32 и мощность 6,0 м на глубине около 1200 м. В районе шахтного поля над пластами каменноугольной системы лежат мощные конгломераты третичной системы. На отметке -1200 м средняя толща конгломератов, имеющих высокую прочность, составляет более 800 м. Мощность четвертичных отложений незначительна (0-3 м) и часто пахотный слой почвы лежит прямо на конгломератах.

На шахте Хуафэн в результате ведения горных работ происходит не только оседание земной поверхности, но и образование протяженных широко раскрытых (до 1-6 м) трещин. Образование трещин объясняют высокой прочностью вышележащих конгломератов [1, 2]. Известно, что при прочих равных условиях с увеличением глубины разработки величины сдвижений и деформаций уменьшаются. Однако на шахте Хуафэн в последние годы при достижении глубины разработок 700-800 м и более на поверхности неожиданно началось развитие раскрытых и протяженных трещин, что привело к нарушению сельскохозяйственных угодий, деформации зданий и сооружений. Возникла угроза проникновения речных вод р.Чайвэньхэ и ее притока Гучэнхэ в горные выработки. С этих же пор началось проявление крупных горных ударов с сейсмической энергией до 10^7 Дж. В настоящее время образование широких и протяженных трещин и повышение удароопасности оказывают серьезное влияние на окружающую среду и ведение горных работ.

В 2010-2012 гг. на шахте были проведены работы по геодинамическому районированию[3]. На рис.1 показана схема геодинамического районирования, на которой видно, что шахта находится в одном блоке 3-го ранга, и через северную часть шахтного поля проходит граница блоков 1-1, имеющая азимут простирания 300-310 градусов. Изучение геологических данных пока-

зывает, что около 40 км к юго-востоку от шахтного поля прослеживается Мэншаньский разлом, который проходит по южному подножию Мэншаньского хребта и имеет азимут 300-320 градусов [4].

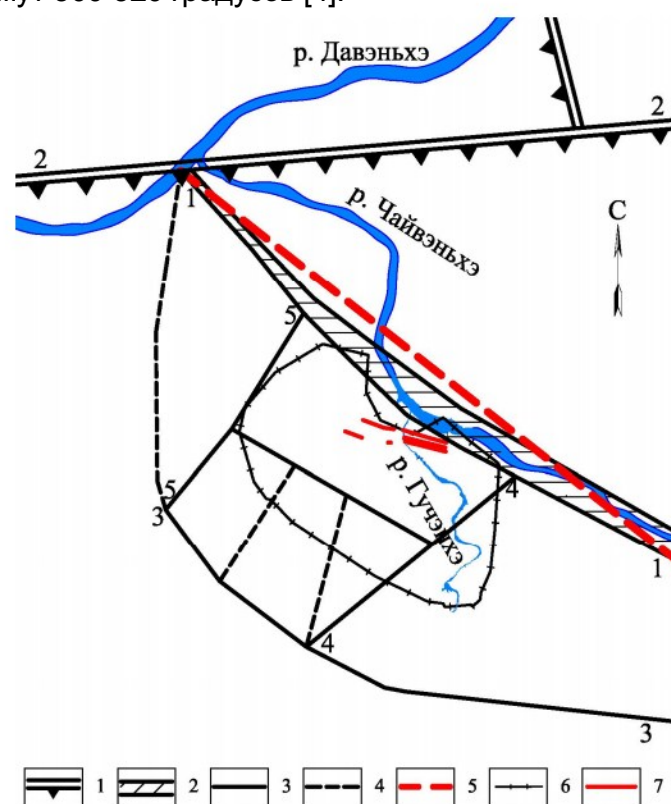


Рис.1. Схема блочного строения района шахты Хуафэн:

- 1, 2, 3 – границы блоков 2-го, 3-го, 4-го рангов соответственно, 4 – предполагаемые границы блоков 4-го ранга; 5 – предполагаемое продолжение Мэншаньского разлома, 6 – граница шахтного поля; 7 – трещины на земной поверхности

По данным геодинамического районирования и полевых исследований граница блоков 1-1 совмещается на этом участке с Мэншаньским разломом. Проведенные полевые исследования показали, что вдоль трассы границы блоков 1-1 наблюдается протяженные овраги глубиной до 5 м с вертикальными уступами и скальными обнажениями в бортах. В скальных обнажениях зафиксирована система крутопадающих трещин с простиранием 300-320 градусов. На основании этого можно сделать вывод, что след Мэншаньского разлома продолжается на северо-запад до шахты Хуафэн и далее до реки Давэньхэ (рис.1).

Также в полевых условиях были обследованы образовавшиеся на поверхности шахтного поля тре-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

щины. На шахтном плане поверхности эти трещины показаны сплошными линиями, проведенными по азимуту 280-290 градусов в соответствии с конфигурацией очистных выработок. Расстояние (интервал) между этими линиями составляет 60-80 м. Полевые исследования, проведенные на поверхности шахтного поля, показали следующее.

1. Образованные на поверхности трещины имеют фрагментарное строение с ориентацией фрагментов по азимуту 300-310 градусов (рис.2).



Рис.2. Фрагменты трещины на поверхности шахтного поля

2. Длина образованных трещин увеличивалась по мере развития горных работ: трещина, появившаяся в 2006 г., имела общую длину около 100 м, в 2008 г. – 300 м, в 2010 г. новая трещина выросла за 7 месяцев до длины 700 м, трещина, закартированная в 2011 г., имела общую длину более 1 км (рис.3).

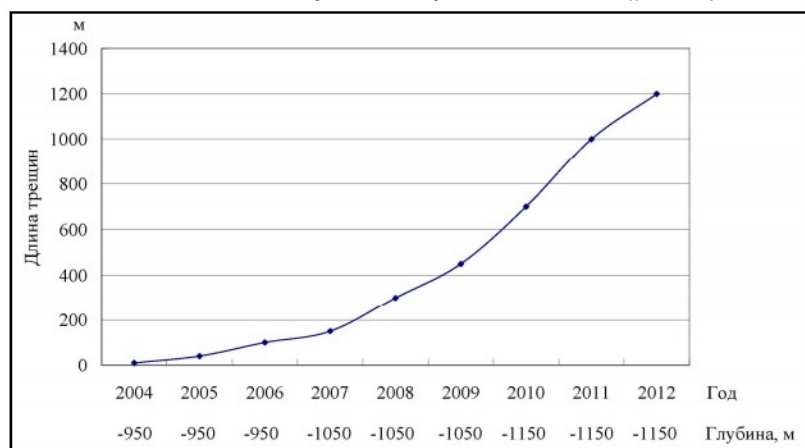


Рис.3. Увеличение длин появлявшихся на земной поверхности трещин со временем и увеличением глубины разработок

Результаты полевых исследований и геодинамического районирования позволяют сделать выводы о том, что, во-первых, длина появляющихся на поверхности трещин увеличивается по мере приближе-

ния горных работ к границе блоков 1-1. Во-вторых, ориентировка фрагментов образующихся трещин соответствует ориентировке границы блоков 1-1. Это говорит о том, что образование трещин на поле шахты Хуафэн обусловлено влиянием границы геодинамических активных блоков земной коры, что отражается на процессах сдвижения горных пород и деформирования земной поверхности. По результатам бурения известно также, что образующиеся на земной поверхности трещины соединены с выработанным пространством [5].

Полученные данные позволяют предложить следующую модель взаимосвязи процесса деформации земной поверхности и техногенной сейсмичности на шахте Хуафэн, рис.4.

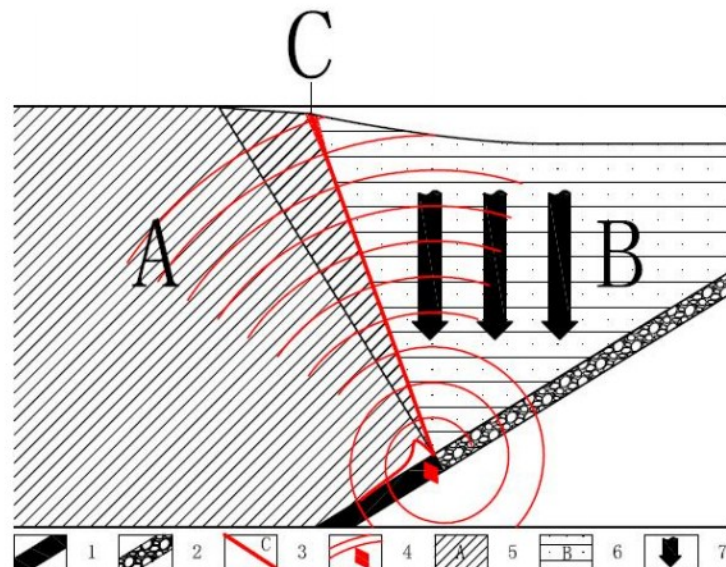


Рис.4. Модель взаимосвязи процесса образования трещин и техногенной сейсмичности:

- 1 – угольный пласт; 2 – выработанное пространство;
- 3 – граница блоков (трещины); 4 – горные удары;
- 5 – нетронутый массив; 6 – подработанный массив;
- 7 – сдвигание горных пород

Когда сдвижение происходит по крупным ослабленным сечениям, т.е. трещинам С, которыми представлена граница блоков 1-1, то подработанная часть массива В теряет сцепление с нетронутым массивом А и смещается вниз, увеличивая горное давление. Повышение горного давления приводит к возникновению горных ударов с высокой энергией (до $10^6 - 10^7$ Дж). Горные удары с высокой энергией вызывают вибрации массива и ощущаются на поверхности как землетрясения. В результате этих вибраций сцепление подработанной части В с массивом А продолжает уменьшаться, что способствует дальнейшему росту трещин С. Развитие трещин С еще сильнее снижает сцепление, что облегчает дальнейшее смещение части В массива относительно части массива А и весь цикл повторяется, рис.5.

Приведем некоторые доказательства реализации процессов, описываемых предлагаемой моделью. На рис.6 представлен результат обработки данных об оседании земной поверхности. Из рисунка следует, что с июля по ноябрь 2010 г. скорость оседания земной поверхности сильно изменялась и достигла максимума в конце этого года.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ



Рис.5. Схема взаимосвязи процесса деформации земной поверхности и техногенной сейсмичности

Анализ данных о горных ударах показал, что в этот же период произошел 21 крупный горный удар с энергией до 10^7 Дж. Количество выделившейся сейсмической энергии было больше также в конце года и достигло максимума 10^8 Дж (рис.7). Совместный анализ рис.6 и 7 показывает, что существует связь между скоростью оседания земной поверхности и техногенной сейсмичностью: скорость оседания земной поверхности и выделение сейсмической энергии при горных ударах взаимосвязаны.

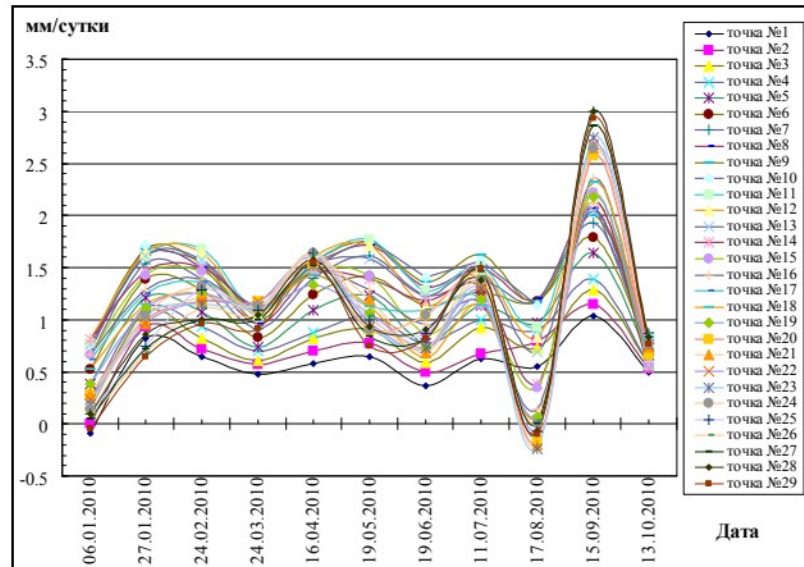


Рис.6 Скорость оседания земной поверхности линии №2 за 2010 г.

По имеющимся данным о выделении сейсмической энергии при горных ударах в 2010 г. построен рис.7. В 2010 г. за 7 месяцев на поверхности шахтного поля выросла трещина длиной 700 м с раскрытием до одного метра. Из рисунка можно видеть, что с увеличением длины трещины увеличивалось выделение сейсмической энергии.

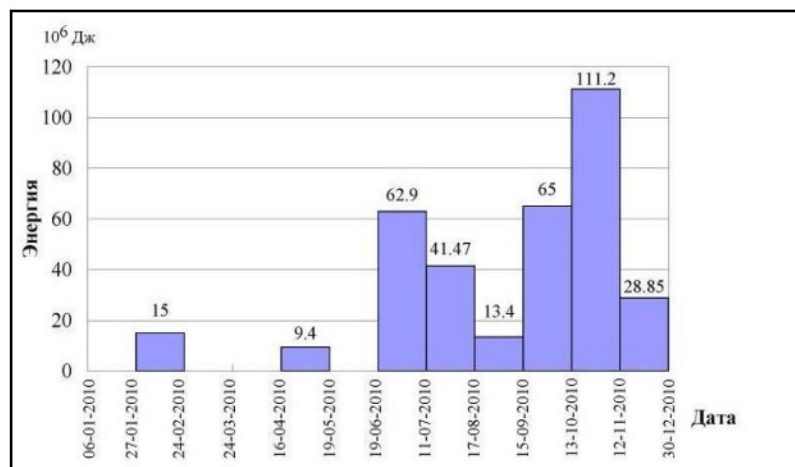


Рис.7. Выделение сейсмической энергии за 2010 г.

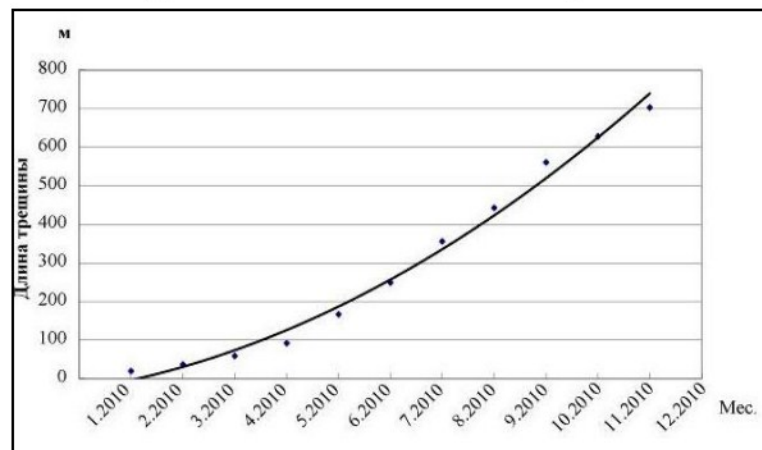


Рис.8. Рост трещины за 2010 г.

Таким образом, предлагаемая феноменологическая модель объясняет взаимосвязь процессов образования трещин на земной поверхности, сдвигания горных пород и проявления горных ударов на шахте Хуафэн, находящейся в зоне влияния границы геодинамических активных блоков земной коры.

Литература

1. WANG Li, ZHANG Xiu-feng. Correlation of ground surface subsidence characteristics and mining disasters under super-thick overlying strata. // *Journal of China Coal Society*, 2009. Vol. 34 No.8, p. 1048-1051
2. GUO Wei-jia, LIU Li-min. Study on the mining hazards and countermeasures in extra-thick and solid covering strata // *The chinese journal of geological hazard and control*, 1994. Vol.5 No.2, p. 37-42.
3. Цяо Цзяньюн, Батугина И.М., Батугин А.С., и др. Активизация блоков земной коры под влиянием горных работ как фактор геоэкологических нарушений на шахте Хуафэн в Kumaе // ГИАБ. -2012. - №12. - С. 132-137.
4. Lithospheric dynamics atlas of China. Beijing. 1989.
5. JING Ji-dong, SHI Long-qing, LI Zi-lin, et al. Mechanism of Water-Inrush from Roof in Huafeng Mine, *Journal of China University of Mining & Technology*, 2006, Vol. 35 No. 5, с. 642-647
6. Батугина И.М., Петухов И.М. Геодинамическое районирование при разработке и эксплуатации рудников. М.: Недра. 1988.

Андрей Сергеевич Батугин, д-р техн. наук, проф., директор Центра геодинамики недр Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», E-mail: as-bat@mail.ru;
Юй Лицзянь, аспирант Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», Центр геодинамики недр, E-mail: xiaoyuer520520@163.com

ИТОГИ РАБОТЫ СЕМИНАРА №2 «ПРОБЛЕМЫ МАРКШЕЙДЕРИИ, ГЕОМЕТРИЯ И КВАЛИМЕТРИЯ НЕДР» XXIII МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СИМПОЗИУМА «НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА – 2015»

Ежегодный, XXIII международный научный симпозиум «Неделя горняка-2015» прошел с 26 по 30 января 2015 г. в Московском горном институте Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Организаторами симпозиума, совместно с Горным институтом НИТУ «МИСиС», выступили Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук (ИПКОН РАН) и Научный совет РАН по проблемам горных наук.

В работе научного симпозиума приняли участие видные учёные академической, вузовской и отраслевой науки, представители министерств, высших учебных заведений, научных и промышленных организаций России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

Пленарное заседание международного научного симпозиума 27 января в Актовом зале Горного института НИТУ «МИСиС» открыла сопредседатель симпозиума, ректор НИТУ «МИСиС», профессор, доктор экономических наук А.А.Черникова.

На пленарном заседании были заслушаны пять докладов: заместителя Министра энергетики РФ, доктора экономических наук А.Б.Яновского, директора ИПКОН РАН, профессора, доктора технических наук В.Н.Захарова, директора Геофизического центра РАН, академика РАН А.Д.Гвишиани, члена корреспондента РАН, МГИ НИТУ «МИСиС» Л.А.Пучкова, посвященные современным проблемам и вопросам развития горной науки. Прошло вручение наград заслуженным ученым.

Программа мероприятий «Недели горняка-2015», в этом году, была очень насыщенной и интересной.

На международном научном симпозиуме прошли 27 научных семинаров: горнопромышленная и нефтегазовая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр (семинары №№1,2); геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэродинамика, горная теплофизика (семинары №№3-7); экономика и менеджмент горного производства, геоэкология (семинар №8); финансы менеджмент горного производства (семинар №9); инженерная защита окружающей среды (семинар №10); геодинамическая и экологическая безопасность при освоении недр и земной поверхности (семинар №11); техническое регулирование в области твердого минерального топлива (семинар №12); геоинформатика (семинары №№13-16); геотехнология (подземная, открытая и строительная) (семинары №№17-20); горные машины, электротехнические системы и комплексы (семинары №№21-25); обогащение полезных ископаемых (семинар №26); гуманитарные науки (семинар №27).

Прошли заседания: Совета Учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела, Научного совета РАН по проблемам горных наук и проблемам использования взрывов в народнохозяйственных целях.

Работали пять круглых столов: журнала «Глюкауф» – «Развитие сотрудничества: инновации, риски, эффективность», «Специальные способы в городском подземном строительстве», «Экологические проблемы утилизации отходов стекла и других горно-промышленных отходов», «Инновационные образовательные технологии при подготовке специалистов в области горного дела».

В рамках симпозиума прошли: презентация ООО

«Мессе Дюссельдорф Москва» & ЗАО «Кузбасская ярмарка» – «Новая концепция развития Международной специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» - 2015 и новый выставочный проект по горно-рудной промышленности».

Состоялись деловые встречи, экскурсии на кафедры, в лаборатории, геологический музей, издательство МГИ НИТУ «МИСиС».

29 января на симпозиуме был объявлен молодёжным днём – на семинарах выступали молодые специалисты, аспиранты и студенты.

Традиционно, в рамках международного научного симпозиума, в аудиторном комплексе кафедры «Маркшейдерского дела и геодезии», прошли заседания семинара №2 «Проблемы маркшейдерии, геометрия и квалиметрия недр» (руководители профессора: к.т.н. Г.О.Абрамян и д.т.н. М.А.Иофис, ученый секретарь доцент И.И.Ерилова).

Программа семинара включала 52 тематических доклада.

В работе семинара приняли участие более 75 человек, включая представителей научных, научно-исследовательских и учебных институтов (университетов): ФБГУН ИПКОН РАН, ИГД УрО РАН, ИГДС СО РАН, ГИ Кольского научного центра РАН, НМСУ «Горный», РУДН, УГГУ Екатеринбург, DMT GmbH&Co/KG (Германия), Высшей школы технических наук им. Георга Агриколы (Германия), ТашГТУ (Узбекистан), Карагандинский ГТУ (Казахстан), НИ ИрГТУ, БГТУ им.В.Г.Шухова, Магнитогорского ГТУ им. Г.И.Носова, КузГТУ, ЮРГПУ (НПИ). Предприятий: НПП ОАО «СУЭК-Кузбасс», ООО «Алькомп Инженеринг», ОАО «ПЕТРОКОММЕРЦ», R&K Geo-Engineering Ltd. (Германия), SRK Conculitind, ЗАО «ТОМС ИНЖЕНЕРИНГ», ООО «СТИС», а также главные редакторы журналов «Маркшейдерский вестник», «Маркшейдерия и недропользование», преподаватели, аспиранты и студенты МГИ НИТУ «МИСиС».

Интерес к заседаниям семинара проявили ученые из Германии. Представители высшей школы технических наук им.Георга Агриколы: президент, проф., д.т.н. Юрген Кречманн, проф., д.т.н. В.Штеллин, Карл Кляйнеберг; компаний «R&K Geo-Engineering Ltd» Г.Рафат и «DMT GmbH&Co/KG» Штефан Петерс, некоторые из которых уже неоднократно участвовали в его работе. Свои доклады презентовали Карл Кляйнеберг и Г.Рафат.

Открыл работу семинара, профессор Г.О.Абрамян – и.о. заведующего кафедрой «Маркшейдерского дела и геодезии» МГИ, сопредседатель семинара №2.

Темы докладов на семинаре были посвящены актуальным проблемам маркшейдерии, геометрии и квалиметрии недр.

С большим вниманием участники семинара выслушали и обсудили интересные доклады: «Элементы постэксплуатационной фазы горных предприятий Германии» К.Кляйнеберг (Высшая школа им. Г.Агриколы); «Пути снижения потерь полезного ископаемого при камерных системах разработки» М.А.Иофис, А.В.Гришин, Е.Н. Есина (ФГБУН ИПКОН РАН); «О влиянии изменчивости содержания на точность оконтуривания и подсчет запасов (на примере рудного месторождения золота)» В.И.Снетков, асп. А.А.Соловьев (НИ ИрГТУ); «Обоснование точности маркшейдерских наблюдений при мониторинге безопасности

ИНФОРМАЦИЯ

грунтовых дамб» С.П.Бахаева, Т.В.Михайлова (КузГТУ); «Напряженно-деформированное состояние массива пород Хибинских месторождений и задачи геомеханического районирования» Э.В.Каспарьян (ГИ Кольского научного центра РАН); «Определение параметров очистных камер на основе анализа практического опыта» А.Б.Макаров (SRK Consulting); «Космический радарный мониторинг смещений и деформаций земной поверхности и сооружений на месторождениях» Ю.И.Кантимиров (ООО «Компания СОВЗОНД»); «Дистанционный метод изучения дисциплин «Геодезия» и «Маркшейдерия» студентами горных специальностей»

И.И.Ерилова (МГИ НИТУ «МИСиС»).

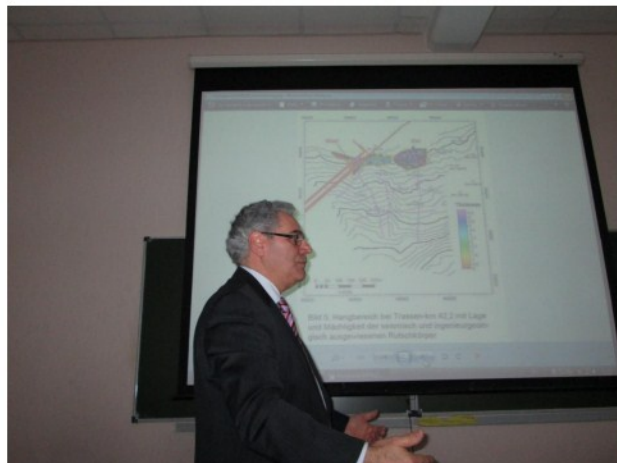
В рамках дня молодёжи с докладами на семинаре выступили 7 аспирантов (МГИ НИТУ «МИСиС», РУДН (из Сирии), НМСУ «Горный», Магнитогорский ГТУ им.Г.Н.Носова, Куз ГТУ им. Т.Ф.Горбачева.

Все представленные доклады семинара №2 рекомендованы к опубликованию в Горном Информационно-аналитическом бюллетене (научно-технический журнал), электронном научном журнале «Научный вестник Московского горного института», журналах «Маркшейдерский вестник» и «Маркшейдерия и недропользование» в 2015 г.

Фотообзор (автор Ерилова И.И.):



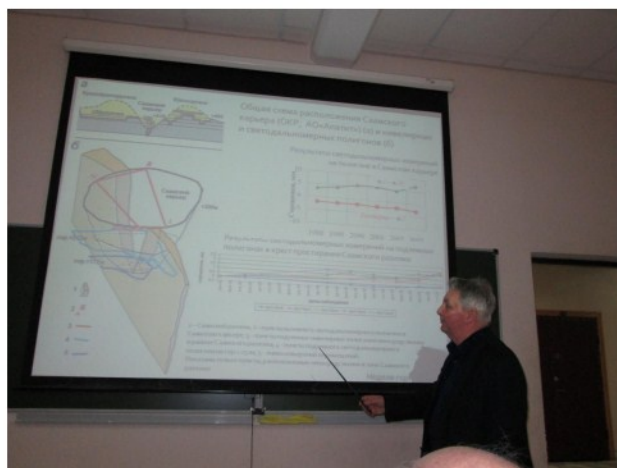
В центре сопредседатель XXIII международного научно-го симпозиума «Неделя горняка -2015», ректор НИТУ «МИСиС», проф., д-р экон.наук А.А.Черникова



Д.т.н. Г. Рафат (R&K Geo-Engineering Ltd, Германия)



Пленарное заседание, Актный зал МГИ НИТУ «МИСиС»



Д.т.н. Э.В. Каспарьян (ГИ Кольского научного центра РАН)



К. Кляйнеберг (Высшая школа технических наук им.Г.Агриколы, Германия)



Проф., д.т.н. М.А. Иофис (сопредседатель семинара №2), И.И. Ерилова (учёный секретарь семинара №2), аспирант Х.С. Альфар (РУДН (Сирия))

Ирина Игоревна Ерилова, доцент кафедры МДуг МГГУ,
E-mail: irina-erilova@yandex.ru



Международный Союз маркшейдеров / Союз маркшейдеров России / Leica Geosystems / НАВГЕОКОМ Кафедра маркшейдерского дела и геодезии НИ ИрГТУ / Компания Эльравис, г.Пятигорск Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д.Миллионщикова

ПРИГЛАШАЮТ принять участие в Международной конференции маркшейдеров:

«Новые технологии в производстве маркшейдерских и геодезических работ»

Также на конференции особое внимание будет уделено инновационным BIM-технологиям (Building Information Modeling)

Даты мероприятия: 17-20 марта 2015 г.

Место проведения: г.Грозный, Чеченская Республика

Участники: Главные маркшейдеры горных и нефтегазодобывающих предприятий России, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья.

В программе конференции:

- 1) **Презентации и доклады представителей профильных компаний в области проведения геодезических и маркшейдерских работ, ознакомление с современными методами их выполнения** в соответствии с существующими требованиями и нормативной базой. Обмен опытом теоретических и практических знаний.
- 2) **BIM-технологии (Building Information Modeling).** Создание каких-либо объектов – зданий, дорог, шахт, карьеров, и др. начинается с изысканий или разведки и проектирования. Затем идет процесс строительства и эксплуатации, а заканчивается утилизацией или рекультивацией. С самого начала появляется много геопространственной информации, которая остается важной и необходимой на всех этапах жизненного цикла. Очень важно эту информацию систематизировать, сохранять, обновлять и квалифицированно применять. На каждом этапе необходимо применять свои методы и инструменты для сбора геопространственных данных, включая автоматизированные системы. Поэтому от специалистов этой области требуется базовые компетенции в нескольких областях знаний.
- 3) **Технологии Hexagon Geosystems для маркшейдерских задач**, в т.ч. анонсирование новых решений: тахеометры (в т.ч. взрывозащищенные, а также с функцией лазерного сканирования); спутниковые технологии; технологии обработки данных; наземное лазерное сканирование; воздушное лазерное сканирование; системы мониторинга, геодезические полигоны; сети базовых станций и др.
- 4) **Круглый стол на тему: «О реализации новых требований по планированию горных работ и уточнению границ горных отводов»** (Вед. Грицков В.В. - Исполнительный директор ООО «Союз маркшейдеров России»).
- 5) **Круглый стол на тему: «Применение БПЛА для маркшейдерских задач»** (Охотин А.П. - Вице-президент Международного союза маркшейдеров).

Подробная программа конференции находится в отдельном приложении.

«Задача Союза маркшейдеров России и Всемирного Союза знакомить коллег с самой передовой информацией по новым технологиям и оборудованию. Почти все профессионально

значимые мероприятия в стране и за рубежом проводятся с участием кафедры маркшейдерского дела и геодезии ИрГТУ. В настоящее время началась подготовка к конференции, которую мы планируем провести на площадке одного из городов юга России. Это обусловлено тем, что в данном регионе сосредоточены горнодобывающие предприятия, прежде всего, нефтяной и газовой промышленности. Будут также приглашены коллеги из стран СНГ, которые пока не очень активно вовлечены в профессиональное партнерство.

Главными участниками мероприятия станут пользователи данных технологий. Планируется, что большую информационную и материальную поддержку в проведении конференции окажут изыскатели из Грозного, которые выполняют значительный объем маркшейдерских работ и очень заинтересованы в профессиональном общении», - рассказал А.Охотин. Полная версия по ссылке:

<http://www.istu.edu/news/17677/>

Стоимость участия в конференции, куда входит регистрационный взнос; трансфер (аэропорт/отель/аэропорт и далее согласно программе конференции); питание: завтрак, обед, ужин, кофе-брейки на все время конференции):

38 000 руб. – с проживанием;

19 000 руб. – без проживания.

НОЧУ «ЦДО «Горное образование» с 10.03.2015 по 20.03.2015 проводит курсы повышения квалификации по направлению «Маркшейдерское дело» (с 10.03.2015 по 16.03.2015 – дистанционно, с **17.03.2015 по 20.03.2015 очно в г.Грозный**). За дополнительной информацией о курсах и по оплате обращайтесь: gogobr@inbox.ru; тел.+7(495) 641-00-45. Контактное лицо: Ирина Леонидовна Пасенченко.

Стоимость участия в курсах 39 800 руб.

В стоимость 39 800 руб. входит: прохождение курса «Маркшейдерское дело», участие в конференции: «Новые технологии в производстве маркшейдерских и геодезических работ»; трансфер (аэропорт/отель/аэропорт и далее согласно программе конференции); питание: завтрак, обед, ужин, кофе-брейки на все время конференции), раздаточные материалы. Проживание не включено в стоимость. Телефоны для бронирования гостиницы можно уточнить Anastasia.Kislinskaya@navgeocom.ru или по тел. +7 982 961 11 67 Анастасия Кислинская.

Обращаем Ваше внимание, что авиаперелет участники оплачивают самостоятельно.

Трансфер аэропорт/отель/аэропорт будет организован из аэропорта г.Грозного, Минеральные воды, Владикавказ.

ИНФОРМАЦИЯ

Контактные лица:

Прием заявок

Доклады от участников из России

Анастасия Кислинская

Руководитель направления Нефтегаз\Геофизика

Тел. +7 982 961 11 67

e-mail: Anastasia.Kislinskaya@navgeocom.ru

Прием заявок Доклады от участников из СНГ, ближнего и дальнего зарубежья

Елена Давыдова

Руководитель отдела по работе с ключевыми клиентами

Тел. +7 916 829 34 23

e-mail: Elena.Davydova@navgeocom.ru

NAVGEOCOM, Москва, ул. Павла Корчагина, 2

Тел.: +7 495 781 77 77, Факс: +7 495 781 56 15

Website: www.navgeocom.ru; <http://www.leica-geosystems.com>.

Корпорация Hexagon AB – ведущий мировой поставщик интегрированных технологий проектирования, измерений и визуализации. В состав холдинга входят: Leica Geosystems, Intergraph®, Z/I Imaging, Geospatial Solutions (ERDAS Inc., GeoMedia, ERDAS Imagine, ERDAS Apollo).

Информационные спонсоры:



ГОРОД ГРОЗНЫЙ – МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МАРКШЕЙДЕРОВ

Город Грозный для мероприятия организаторами выбран не случайно. Столица Чечни возглавила десятку самых динамично развивающихся городов мира. Современный Грозный – один из самых красивых городов Северного Кавказа – его жемчужина, сердце, душа. Заново отстроенный после войны город неузнаваем. Он красив, величествен, свободен...



И организаторы конференции сделают всё возможное, чтобы участники получили незабываемые впечатления от этого необычного города, местных традиций и искреннего гостеприимства его жителей.

Для проживания участников конференции был выбран комплекс «Грозный-Сити», который достоин особого внимания за его величие. «Грозный-Сити» можно назвать сердцем современного города и, условно, его центром.



Также ни для кого не секрет, что грозненская нефть привлекает внимание российских и иностранных инвесторов. Нефтяное дело в Грозном развивается очень быстро. Грозный стал одним из нефтяных центров России.

Не случайно соорганизатором конференции маркшейдеров, а также местом проведения мероприятия был выбран один из лучших ВУЗов в Чеченской республике – Грозненский Государственный Нефтяной Технический Университет им.акад. М.Д.Миллионщикова. Это старейший специализированный нефтяной вуз не только в нашей стране, но и в мире. Грозненский нефтяной институт был основан в центре одного из первых нефтегазодобывающих регионов России. За более чем 90 лет Грозненский нефтяной институт подготовил более 50 тысяч специалистов для различных отраслей народного хозяйства нашей страны. Сегодня выпускников Грозненского нефтяного института можно встретить в каждом нефтегазовом регионе бывшего СССР.



В 2011 г. Грозненский государственный нефтяной институт (ГГНИ) получил официальный статус технического университета ГГНТУ!

Ректор Университета, **Хасан Таймасханов**, а также представители ректората вуза будут рады лично приветствовать участников конференции!

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС «НОВАЯ ИДЕЯ» НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКУЮ РАЗРАБОТКУ СРЕДИ МОЛОДЕЖИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

1 января – 28 декабря 2014 года



В 2014 г. под эгидой Министерства энергетики Российской Федерации прошел Всероссийский конкурс «Новая идея» на лучшую научно-техническую разработку среди молодежи предприятий и организаций топливно-энергетического комплекса (ТЭК), направленный на выявление, поддержание и стимулирование талантливой молодежи, развитие и поддержку научно-технического и инженерного мышления, стимулирование научно-исследовательской и проектной деятельности молодых специалистов, повышение интереса молодежи к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в области ТЭК.



Участники конкурса - молодые специалисты заинтересованных предприятий и организаций ТЭК в возрасте до 35 лет (включительно), а также молодежные коллективы предприятий и организаций с численностью не более трех человек.

Оператором конкурса выступил ФГАОУ ДПО «Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов топливно-энергетического комплекса».

Партнерами конкурса выступили Государственный геологический музей имени В.И. Вернадского, НП «Глобальная энергия», ООО «РИА «Индустрия безопасности», NEFTEGAZ.TV, Росмолодежь, ФГАОУ ВПО «РУДН», ФГАОУ ВПО «НИТУ «МИСиС», Всероссийский ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Механизация строительства», ЗАО «Энергорынок», ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», Национальный отраслевой журнал «Нефтегазовая вертикаль», журнал «Бурение и нефть», журнал «ТЭК. Стратегии развития», журнал «Уголь», журнал «Энергополис», журнал «Oil and Gas Journal», НТиП журнал «Маркшейдерский вестник».

В конкурсе приняли участие такие компании как ООО «Газпром», ОАО «НК «Роснефть», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Зарубежнефть», ООО «НК «Лукойл», ГУП «Мособлгаз», ОАО «Россети», ООО «Газпром нефть», ОАО «НК «РуссНефть», ОАО «Башнефть» и другие.

Конкурс проходил в три этапа, в заключительном этапе, очно-заочной защите проектов, участвовало более 400 конкурсных работ, в том числе были представлены работы из Болгарии и ОАЭ.

Конкурс проводился по номинациям:

- Геология и разработка месторождений, бурение;
- Добыча и подготовка нефти, газа и газового конденсата;
- Переработка нефти, газа и газового конденсата;
- Информационные технологии;
- Роботы. 3D-проектирование. 3D-печать;
- Трубопроводный транспорт, транспортировка жидких и газообразных углеводородов;
- Экономика и управление;
- Экология;
- Энергетика;
- Энергосбережение и энергоэффективность;
- АСУ ТП и метрология;
- Угольное машиностроение;
- Проблемы безопасности при нефтегазодобыче.



Необходимо отметить особый интерес участников к секциям «Роботы. 3D-проектирование. 3D-печать» и «Информационные технологии», где были представлены работы, посвященные беспилотным авиационным комплексам и наземному лазерному сканированию при проведении инженерных изысканий для 3D-проектирования на объектах нефтяных месторождений.

Итоги конкурса были подведены 19 декабря 2014 г. в Министерстве энергетики Российской Федерации. На совещании Конкурсной комиссии ведущими

ИНФОРМАЦИЯ

экспертами были представлены экспертные заключения и победители конкурса «Новая идея».

В победители вышло 47 конкурсных работ, посвященных актуальным проблемам ТЭК: исследование и технологии получения новых нефтяных и гибридных связующих из сырьевых компонентов, технологий защиты нефтяного и газового оборудования, технологии и способы предотвращения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, способы повышения энергоэффективности, возобновляемые и нетрадиционные источники энергии, методы и способы повышения производительности труда.

С наиболее интересными работами, соответствующими тематике журнала, читатели «Маркшейдерского вестника» смогут ознакомиться в течение 2015 г.

Подведенные результаты в очередной раз показали, что в ТЭК имеется конкурентоспособный человеческий капитал, позволяющий преодолеть дефицит компетенций в научно-технической сфере, а предоставляемая для самого широкого круга участников площадка конкурса позволяет не только реализовать им свои инженерные навыки, добиться признания среди профессионалов, но и подготовить значительный базис для дальнейшего развития и совершенствования, реализации задуманных проектов и внедрения их в жизнь.

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
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
10.03.2015-19.03.2015* 25.05.2015-03.06.2015** 21.09.2015-30.09.2015*** 19.10.2015-28.10.2015****	«Рациональное использование и охрана недр»	специалисты служб лицензирования, недропользования, главного геолога
10.03.2015-19.03.2015* 25.05.2015-03.06.2015** 21.09.2015-30.09.2015*** 19.10.2015-28.10.2015****	«Землеустройство и земельный кадастр»	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. Москве

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

А.В.Гальянов. Развитие научных идей в горном деле

УДК 622.1.622(091)

Рецензенты:

Яковлев В.Л., член-корр. РАН (ИГД УрО РАН);

Попов В.Н., профессор, д-р техн. наук (МГГУ);

Столчнев В.Г., канд. техн. наук (гл. редактор журнала «Маркшейдерия и недропользование»)

Гальянов А.В.

Г17 Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр: научная монография / А.В.Гальянов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013.-315 с.

ISBN 978-5-8019-0298-2



Рассмотрены естественно-исторические предпосылки возникновения идеи геометрической интерпретации данных геологоразведочных работ в системе пространственных координат, показана неразрывная связь развития наук о Земле с общим направлением развития фундаментальных знаний об окружающем мире.

В книге проанализированы и систематизированы научные труды российских и зарубежных ученых, посвященные развитию идеи П.К.Соболевского о пространственном представлении особенностей оруденения на месторождениях полезных ископаемых. С некоторой условностью выделены этапы становления и промышленного освоения научной дисциплины в горном деле - геометризации месторождений полезных ископаемых; обозначены ключевые теоретические исследования, составляющие научный фундамент геометрии недр и горногеометрического ана-

лиза, а также направления современных исследований в связи с бурным развитием электронно-вычислительной техники. Книга адресована всем, кто интересуется историей наук о Земле и может быть полезной в учебном процессе при обучении студентов основам геометрии недр, соискателям и аспирантам.

Рис. 42. Табл. 9. Библиогр. 133 назв.

Работа выполнена при поддержке РГНФ, грант № 12-03-00066

УДК 622.1.622(091)

ISBN-978-5-8019-0298-2

© Уральский государственный горный университет, 2013

©Гальянов А. В., 2013

ОТЗЫВ О КНИГЕ А.В.ГАЛЯНОВА «РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ИДЕЙ В ГОРНОМ ДЕЛЕ» Ф.М.АГГЕЕВА – ЛАУРЕАТА ВСЕРОССИЙСКОГО КОНКУРСА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

«В ряду новых публикаций хотелось бы отметить вышедшую на рубеже 2013-2014 гг. прекрасную монографию профессора А.В.Гальянова «Развитие научных идей в горном деле». Книга затрагивает важнейшие этапы становления научных идей и отличается высокой педагогической культурой.

Для ориентировки читателей привожу названия глав этой монографии:

1. Исторические этапы освоения верхних слоев литосферы человеком.
2. Естественно-исторические предпосылки возникновения геометрии недр.
3. Развитие основ теории геохимического поля.
4. Геометризация процессов в горном деле.

Нет ни малейшего сомнения, что монография А.В.Гальянова станет весьма заметным вкладом как в историю развития наук о Земле, так и в историю маркшейдерского дела.

Книга «Развитие научных идей в горном деле» есть по сути своей предтеча истории маркшейдерии и одновременно одной из ее составных частей. История маркшейдерии – это целая вселенная, требующая не только обширной информации, но также новых идей и творческого их осмысления.

Как приобрести книгу

Желающие приобрести книгу должны выслать запрос на эл.адрес автора Гальянова А.В. sgimd@mail.ru с указанием точного почтового адреса. Автор высылает наложенным платежом книгу по указанному адресу. Наложный платеж= стоимость книги (300р.) + почтовые расходы.