

ISSN 2073-0098

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

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ

ВЕСТНИК

№ 1 (128)
январь-февраль
january-february

2019

MINE SURVEYING BULLETIN

www.mvest.su



МВ

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»



Уважаемые коллеги!

**ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ ПОДПИСАТЬСЯ НА НТИП ЖУРНАЛ
«МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК»
на 2019 год**

Выходит один раз в 2 месяца (6 раз в год) форматом «А4» и объемом до 72 страниц.

Журнал публикует информацию, касающуюся:

- нормативных документов и инструкций по обеспечению безопасности горного производства;
- обмена производственным опытом маркшейдеров;
- научных исследований в области маркшейдерского искусства;
- новых технологий, технических средств, программного обеспечения и прогрессивных методов получения, ведения и хранения горной документации;
- законодательной базы недропользования, аспектов освоения недр, проблем социальной защищенности трудящихся – горных специалистов;
- сырьевой базы горной промышленности России, а также мирового и внутреннего рынков металлов, минералов и топлива.

«Маркшейдерский вестник» входит в список ВАК, и публикуемые в нем статьи диссертанты могут включать в перечень своих научных трудов.

Журнал рассылается по подписке на предприятия, в научные учреждения, в организации и частным лицам на территории России и стран СНГ.

Условия подписки на журнал «Маркшейдерский вестник»

Подписаться на журнал можно в отделениях связи, по индексам:

в каталоге ОАО «Роспечать» 71675;

в каталоге «Пресса России» 90949;

в каталоге «Урал-Пресс» 71675;

в интернет-каталоге «АРЗИ» Э90949. Ссылка на каталог для подписки онлайн: <http://www.akc.ru/itm/marksheiderskiy-vestnik/>.

Подписка через редакцию принимается с любого текущего номера. Для оформления подписки на 2019 г. необходимо отправить заявку на электронный адрес mark_vestnik@mail.ru, получить и оплатить счет от редакции на сумму предоплаты, согласно каталожной цены журнала, указав точный почтовый адрес, а также должность и фамилию получателя.

На 2019 г. стоимость одного номера журнала 1534 рубля, без НДС.

Стоимость годовой подписки 9204 рубля.

Телефон редакции : +7 (499) 261-51-51

MVНАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ**ЖУРНАЛ**

№ 1 (128)

январь-
февраль

2019

**«МАРКШЕЙДЕРСКИЙ
ВЕСТНИК»**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОРГАН ОБЩЕРОССИЙСКОЙ
ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
«СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ»

Журнал издается 27-й год (с 1992 г.) и продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу, выходявших в России и СССР в 1910–1936 гг.

**УЧРЕДИТЕЛИ**ООО «СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ»
ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»**ИЗДАТЕЛЬ**

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»

РЕДАКЦИЯ**Главный редактор**СУЧЕНКО Владимир Николаевич, д.т.н.
тел. +7 (499) 261-51-51**Зам. главного редактора**НИКИФОРОВА Ирина Львовна
тел. +7 (926) 247-32-51**Редактор**КАПИТОНОВ Сергей Иванович
тел. +7 (916) 919-82-71**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ****Грицков Виктор Владимирович**председатель редакционного совета,
Председатель Совета НП «СРГП «Горное дело»**Алексеев Андрей Борисович**начальник отдела маркшейдерского контроля
и безопасного недропользования Ростехнадзора**Гальянов Алексей Владимирович**

д.т.н., профессор УГГУ

Глейзер Валерий Иосифовичд.т.н., зам. ген. директора
ООО «Геодезические приборы»**Гордеев Виктор Александрович**

д.т.н., профессор, зав. кафедрой УГГУ

Гусев Владимир Николаевичд.т.н., профессор, зав. кафедрой Санкт-
Петербургского горного университета**Затырко Виктор Алексеевич**

к.т.н., главный маркшейдер ПАО «Газпром»

Зимич Владимир Степанович

президент ООО «Союз маркшейдеров России»

Зыков Виктор Семенович

д.т.н., профессор, Кемеровский филиал АО «ВНИМИ»

Иофис Михаил Абрамович

д.т.н., профессор, г.н.с. ИПКОН РАН

Кашников Юрий Александровичд.т.н., профессор, зав. кафедрой
Пермского ГТУ**Кузьмин Юрий Олегович**д.ф.-м.н., профессор, исп. директор ИФЗ
им. О. Ю. Шмидта РАН**Лаптева Марина Игоревна**

главный маркшейдер АО «СУЭК»

Макаров Александр Борисович

д.т.н., профессор, член-корр. РАЕН

Навитный Аркадий Михайловичзам. директора – начальник Управления
маркшейдерии, геологии и охраны природы
ФГБУ «ГУРШ»**Низаметдинов Фарит Камалович**

д.т.н., профессор КарГТУ

Ожигин Сергей Георгиевичд.т.н., профессор, проректор
по научной работе КарГТУ**Охотин Анатолий Леонтьевич**президент ISM, профессор, зав. кафедрой МДиГ
Иркутского НИТУ**Черепнов Андрей Николаевич**

главный инженер ПАО «АЛРОСА»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 107078, г. Москва, а/я № 164**МЕСТО НАХОЖДЕНИЯ:** 105064, г. Москва,
Гороховский пер., д. 5, оф. 16**ТЕЛЕФОН РЕДАКЦИИ:** +7 (499) 261-51-51**E-MAIL:** mark_vestnik@mail.ru**САЙТ ЖУРНАЛА** www.mvestnik.ru**ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ**

Агентства Роспечати 71675

Пресса России 90949

Урал-Пресс 71675

В течение года можно оформить подписку на журнал
через редакцию**РЕГИСТРАЦИОННОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО**

№ 0110858 от 29.06.1993 г.

ISSN 2073-0098

Выходит 6 раз в год

ОРИГИНАЛ-МАКЕТ: ООО «Дизайнерский центр
«ВАЙН ГРАФ»**ОТПЕЧАТАНО В ТИПОГРАФИИ:** ООО «Андоба Пресс»**ЗАКАЗ** № 190016**ТИРАЖ** 990 экз.За точность приведенных сведений и содержание данных, не под-
лежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.
Мнения авторов могут не совпадать с мнением редакции.
Рукописи не возвращаются!© **ЖУРНАЛ «МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК»**

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Г. З. Омаров, С. И. Крючек, М. В. Дудиков ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИНТЕРЕСА В ОТНОШЕНИЯХ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ. Часть 3 4
*G. Z. Omarov, S. I. Kryuchek, M. V. Dudikov STATE PROVISION OF ECONOMIC INTEREST
IN THE RELATIONS OF SUBSOIL USE. Part 3*

А. М. Навитный МАССОВОЕ ЗАКРЫТИЕ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И РАЗРЕЗОВ –
УНИКАЛЬНЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ПРОЦЕСС В ГОРНОМ ДЕЛЕ 10
*A. M. Navitny MASS CLOSURE OF COAL MINES AND CUTS – A UNIQUE ENGINEERING PROCESS
IN MINING*

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

В. Н. Гусев, Ю. И. Кутепов, Е. Б. Боргер, Ю. Ю. Кутепов ПРОГНОЗ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОВАЛОВ
ПРИ РАЗВИТИИ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ НА ШАХТНЫХ ПОЛЯХ С БОЛЬШОЙ МОЩНОСТЬЮ
ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НАНОСОВ) 16
*V. N. Gusev, Yu. I. Kutepov, E. B. Borger, Yu. Yu. Kutepov THE FORECAST OF FORMATION
OF THE CRACKS HAVING THE NATURE OF A COLLAPSE IN A LAYER OF BREEDS
OF A SURFACE OF BIG THICKNESS*

А. В. Зубов, Н. Н. Елисеева ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПАРАБОЛЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ 24
*A. V. Zubov, N. N. Eliseeva AN APPLICATION OF THE PARABOLIC OPTIMIZATION METHOD
FOR THE SOLUTION OF NONLINEAR PROBLEMS IN MINE SURVEYING AND GEODESY*

В. И. Глейзер ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ГИРОСКОПИИ.
Часть 4 28
*V. I. Gleizer THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC SURVEYING GYROSCOPY.
Part 4*

Ю. Н. Корнилов, Р. А. Губайдуллина ПРИНЦИП ОТНОШЕНИЙ (ПОДОБИЯ) ПРИ ИЗМЕРЕНИИ
И ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ ТОЧЕК 34
*Yu. N. Kornilov, R. A. Gubaydullina THE PRINCIPLE OF RELATIONSHIP (SIMILARITY) IN MEASURING
AND CALCULATING OF POINT COORDINATES*

ГОРНАЯ ГЕОМЕХАНИКА

Ю. А. Кашиников, А. О. Ермашов, Д. В. Шустов, О. О. Лебедева СОЗДАНИЕ
ГЕОЛОГО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ 39
*Yu. A. Kashnikov, A. O. Yermashov, D. V. Shustov, O. O. Lebedeva THE CREATION
OF A GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL MODEL OF THE VERKHNEKAMSKOYE
POTASSIUM SALT DEPOSIT*

С. Б. Кулибаба НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЙ
ПОДРАБАТЫВАЕМОГО ГОРНОГО МАССИВА 46
*S. B. Kulibaba FIELD OBSERVATIONS OF THE VERTICAL DISPLACEMENT
OF UNDERMINED MASSIF*

<i>А. В. Монтиков, Э. Н. Работя, В. Г. Гореликов, Л. А. Басова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ УГЛЯ И ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ВОДО- И ГАЗОНАСЫЩЕНИЯ	52
<i>A. V. Montikov, E. N. Rabota, V. G. Gorelikov, L. A. Basova</i> THE STUDY OF THE CREEP OF COAL AND ROCKS IN TERMS OF GAS AND WATER SATURATION	
<i>Е. Ю. Куликова</i> МОНИТОРИНГ – ОСНОВА СНИЖЕНИЯ ГЕОРИСКА ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА.	57
<i>E. Yu. Kulikova</i> MONITORING AS A BASIS FOR GEORISK REDUCTION AT THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE	
ЮБИЛЕИ	
МОТОРНОЙ ЛЮДМИЛЕ ИВАНОВНЕ – 70 ЛЕТ	65
THE 70-YEAR ANNIVERSARY OF MOTORNAYA LYUDMILA IVANOVNA	
ГАЛЕРЕЯ ГОРНЫХ МУЗЕЕВ	
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ИМ. А. А. ЧЕРНОВА.....	66
GEOLOGICAL MUSEUM OF A. A. CHERNOV	
ИНФОРМАЦИЯ	
<i>И. И. Ерилова</i> ИТОГИ РАБОТЫ СЕССИИ 1.2 «ПРОБЛЕМЫ МАРКШЕЙДЕРИИ, ГЕОМЕТРИЯ И КВАЛИМЕТРИЯ НЕДР» XXVII МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СИМПОЗИУМА «НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА – 2019».....	68
<i>I. I. Eriлова</i> THE RESULTS OF THE SESSION 1.2 «THE PROBLEMS OF MINE SURVEYING, GEOMETRY AND QUALIMETRY OF MINERAL RESOURCES» XXVII INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM «MINER'S WEEK – 2019»	



**НА ФОТОГРАФИИ ПЕРВОЙ СТРАНИЦЫ ОБЛОЖКИ:
АВТОРСКАЯ СУВЕНИРНАЯ ПРОДУКЦИЯ –
бронзовая фигурка маркшейдера с кипрегелем на подставке
из змеевика**

В преддверии празднования в 2019 году памятной даты – 300-летия Берг-Привилегии, государственного горного и промышленного надзора, представляем Вашему вниманию один из оригинальных подарочных сувениров интернет-магазина Горняк.Shop – бронзовую фигурку маркшейдера с кипрегелем.

Авторская бронзовая фигурка маркшейдера с кипрегелем на подставке из змеевика станет чудесным украшением интерьера, наделенным смыслом. Тематический сувенир, изображающий профессию или род деятельности, придется по вкусу и начальнику, и близкому родственнику, неразрывно связанному с маркшейдерским делом. Статуэтка маркшейдера с кипрегелем станет достойным подарком как к профессиональному празднику, так и чудесным презентом в качестве комплимента без определенного повода.

Настоящий арт-объект авторского исполнения, врученный в качестве презента в знаменательную дату, поможет не вербально выразить почтение и продемонстрировать исключительное внимание к персоне поздравляемого.

Подробнее с ассортиментом интернет-магазина Горняк.Shop можно ознакомиться на сайте: <https://горняк.shop>.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИНТЕРЕСА В ОТНОШЕНИЯХ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Часть 3

Исследуются экономические методы обеспечения публичного интереса в отношениях недропользования. Дана характеристика абсолютных и относительных правоотношений с позиции правового регулирования процесса пользования недрами. Раскрываются методы обеспечения экономического компонента публичного интереса, которые разделены на следующие группы: фискальный способ (способ прямого изъятия имущества); способ безвозмездной поддержки; способ экономического стимулирования (договорной способ); управленческий метод. При рассмотрении экономических методов обеспечения публичного интереса представлены предложения по совершенствованию законодательства.

Ключевые слова: экономический метод; публичный интерес; Закон «О недрах»; недропользование; участок недр; правоотношения; фискальный способ; способ безвозмездной поддержки; способ экономического стимулирования; договорной способ; управленческий метод; налоги; сборы; кадастровая оценка.

G. Z. Omarov, S. I. Kryuchek, M. V. Dudikov

STATE PROVISION OF ECONOMIC INTEREST IN THE RELATIONS OF SUBSOIL USE

Part 3

The article investigates the economic methods of public interest in the relations of subsoil use. The characteristic of absolute and relative legal relations from the position of legal regulation of the subsoil use process is given. The methods of providing the economic component of the public interest, which are divided into the following groups: fiscal method (method of direct seizure of property); method of gratuitous support; method of economic stimulation (contractual method); management method. When considering the economic methods of ensuring public interest, proposals for improving the legislation are presented.

Keywords: economics; public interest; the Law on Subsoil; subsoil; subsoil; legal; fiscal method; method of grant support; a method of economic incentives; legal method; method of management; taxes; fees; cadastral valuation.

*Начало статьи в номерах № 5, С. 12–18
и № 6, С. 23–32 2018 года*

В соответствии со статьей 35 Закона Российской Федерации «О недрах» основной задачей государственного регулирования отношений недропользования является обеспечение воспроизводства минерально-сырьевой базы, ее рационального использования и охраны недр в интересах нынешнего и будущих поколений народов Российской Федерации. При этом государственное регулирование отношений недропользования осуществляется посредством управления,

лицензирования, учета и государственного надзора.

Согласно статье 36 государственное управление отношениями недропользования осуществляется Президентом Российской Федерации, Правительством Российской Федерации, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, а также федеральным органом управления государственным фондом недр и органами государственного горного надзора.

Однако при этом федеральный орган управления государственным фондом недр

и его территориальные органы не могут выполнять функции управления хозяйственной деятельностью предприятий, осуществляющих разведку и разработку месторождений полезных ископаемых либо строительство и эксплуатацию подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, и заниматься коммерческой деятельностью.

Конструкция нормы части второй статьи 36 указывает на прямой запрет на вмешательство в деятельность недропользователя. Известно, что горное предприятие, как имущественный комплекс, включающий в себя скважины, шахты, штольни и иное недвижимое имущество, а также оборудование, которое функционально обеспечивает технологическую систему пользования недрами, может функционировать только на самом месторождении полезного ископаемого. Такое предприятие связано с участком недр не только как с основанием размещения самого технологического комплекса, но и как с производственно-экономическим, пространственно-операционным базисным элементом средства производства самого этого предприятия. То есть участок недр после его обустройства становится элементом средства производства предприятия. Следовательно, практически горное предприятие становится неотъемлемой частью участка недр. Поэтому в некоторых случаях норма части второй статьи 36 не способствует реализации экономической компоненты публичного интереса. В. С. Суренков, К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, А. Н. Курский, Е. И. Панфилов в своих работах также отметили такую особенность, как этапы жизненного цикла горного предприятия, выделяя его из числа других субъектов предпринимательской деятельности [1–3]. При этом законодательством Российской Федерации о недрах не предусмотрено регулирование отношений, возникающих в связи с такими этапами. Таким образом, в случае прекращения деятельности такого предприятия, например из-за отсутствия необходимых средств на продолжение его деятельности, расходы на консервационные и ликвидационные работы берет на себя государство.

Ущемление экономической компоненты публичного интереса усугубляется в случае, если горное предприятие является градообра-

зующим. По данным А. И. Перчика, примерами таких городов и соответствующих месторождений «являются Ромашкинское нефтяное – Альметьевск и Лениногорск; Уренгойское газовое – Новый Уренгой; Печерский угольный бассейн – Воркута и др.; Норильский бассейн (цветные и редкие металлы) – Норильск и др.» [4]. В случае их банкротства государство вынуждено тратить значительные средства не только на природоохранные мероприятия, но и на социальную сферу из-за увеличения числа безработных.

Следовательно, определенные этапы «жизненного цикла горного предприятия» [1, 2] необходимо контролировать с вмешательством в его деятельность в случае, если отсутствие такого вмешательства приведет к затрагиванию публичного интереса.

Один из примеров потери управления рисками, связанными с вложением средств в природоохранные мероприятия, – это наличие договора о передаче полномочий единоличного исполнительного органа субъекта предпринимательской деятельности управляющей организации. Общество (ОАО «...») заключило договор с управляющей организацией (ЗАО «...») о передаче соответствующих полномочий. При этом в п. 2.2 заключенного между ОАО «...» и ЗАО «...» договора от 29.12.2005 № 67 указаны следующие полномочия ЗАО:

- п.п. 9, 13 утверждение структуры ОАО, штатного расписания, включая руководителей, заключение трудовых договоров;
- п.п. 16, 17 открытие счетов ОАО, принятие решений о перечислении денежных средств с его банковских счетов;
- п.п. 19–21 принятие решений в отношении претензий и исков, а также представление интересов в судах.

В п. 4.3 договора также указано, что все решения по вопросам руководства ОАО принимаются от имени управляющей организации (ЗАО), однако действует ЗАО от имени ОАО в рамках договора.

Таким образом, пользуясь установленным в договоре правом, управляющая организация может перераспределять финансовые средства так, что практически невозможно будет вложение необходимых средств на проведение консервационных, ликвидационных

и рекультивационных мероприятий, возмещение ущерба (ст. 21 Закона «О недрах»), вреда (с. 51) и убытков (ст. 15 Гражданского кодекса Российской Федерации) в полном объеме. Такая невозможность обусловлена также тем, что Закон Российской Федерации «О недрах» (статья 36) фактически запрещает вмешиваться в структуру указанных выше отношений.

В некоторых зарубежных странах горное предприятие находится под особым контролем государства. Например, по материалам Б. Д. Ключкина, «по немецкому горному законодательству право собственности на горное предприятие возникает с получением заявителем документа, предоставляющего право собственности (§ 17 Горного закона)... Право собственности может быть отменено:

1) если по причинам, зависящим от владельца разрешения, разведка не начата в течение одного года после выдачи разрешения или планомерная разведка была прервана более чем на год. Компетентный орган в силу веских причин может продлить срок соответственно еще на один год;

2) если владелец разрешения не ходатайствует о выдаче свидетельства на право разработки полезного ископаемого, подпадающего под разрешение, хотя имеются предпосылки для его выдачи и истек соответствующий срок, установленный компетентным учреждением для подачи ходатайства;

3) если в течение трех лет после выдачи разрешения добыча не начата либо регулярная добыча была прервана более чем на три года;

4) если регулярная добыча была прервана более чем на десять лет» [5, с. 90].

В той же работе отмечено: «Горный закон допускает в соответствии с § 23 отчуждение права собственности на горное предприятие путем юридической сделки и обязательного договора, но только в случаях, если отчуждение не затрагивает общественные интересы» [5, с. 91].

В результате проведенного анализа норм Закона Российской Федерации «О недрах», а также мнения ученых в области недропользования можно констатировать, что не все экономические социально значимые модели поведения закреплены законодательством Российской Федерации о недрах. Например,

отсутствует правовое закрепление следующих моделей:

1. Отсутствует критерий, учитывающий показатель рентабельности предприятия, зависящий от его прибыли.

2. Налогообложение субъектов предпринимательской деятельности – недропользователей, которые прекращают добычу полезного ископаемого по конъюнктурным причинам. То есть при прекращении добычи полезного ископаемого налог на его добычу в бюджет не поступает.

3. При получении права пользования недрами по результатам аукциона практически учитывается только один показатель – размер разового платежа за право пользования участком недр (статья 13.1 Закона Российской Федерации «О недрах»). Если учесть тот факт, что предоставление права пользования недрами осуществляется в подавляющем большинстве случаев по результатам аукциона, то остаются вне правового регулирования следующие критерии:

- научно-технический уровень программ геологического изучения недр и использования участков недр;
- полнота извлечения полезных ископаемых;
- вклад в социально-экономическое развитие территории;
- сроки реализации соответствующих программ;
- эффективность мероприятий по охране недр и окружающей среды;
- обеспечение обороны страны и безопасности государства.

4. Гарантированное получение права пользования участком недр для целей разведки и разработки полезных ископаемых при установлении факта открытия на нем месторождения, кроме участка недр, имеющего федеральное значение.

5. Оперативное вмешательство государства в деятельность горнодобывающего предприятия в случае, если отсутствие такого вмешательства приведет к ущемлению экономической компоненты публичного интереса и социально неблагоприятным последствиям.

Необходимо рассмотреть также и обратный вариант – исключение из статей 11 и 12 Закона Российской Федерации «О недрах», ре-

гулирующих отношения, связанные с предоставлением права пользования недр на основании решения уполномоченных органов, которое оформляется в виде лицензии как правоудостоверяющего документа, указания на договорные формы.

Следует согласиться с мнением И. И. Веленто и В. С. Елисеева: «Смысл правового регулирования относительных правоотношений состоит в предложении хозяйствующим субъектам, а равно иным участникам экономических отношений, оптимальных моделей поведения» [6, с. 210]. Используя результаты их исследований, можно констатировать, что каждый из приведенных методов «нуждается в минимальной правовой регламентации, без которой он не может регулировать хозяйственные (экономические) отношения» [6, с. 214].

По поводу правовой регламентации отмечены различные точки зрения, каждая из которых достойна внимания. По мнению М. Ю. Тихомирова, «...регламентация – правовое регулирование общественных отношений путем наделения их участников субъективными правами и возложения на них юридических обязанностей» [7].

Наиболее развернутое определение указано в одной из ранее упомянутых работ [6]. Для дальнейшего исследования целесообразно использовать указанную в ней точку зрения, согласно которой регламентация состоит из следующих элементов:

«... а) момент возникновения относительных правоотношений, то есть взаимных прав и обязанностей, предусмотренных моделью экономического поведения» [6, с. 214]. Например, в соответствии с частью седьмой статьи 9 Закона Российской Федерации «О недрах» права и обязанности пользователя недр возникают с даты государственной регистрации лицензии на пользование участком недр;

«... б) момент перехода права собственности или иных прав» [6, с. 215]. В частности, статьей 17.1 упомянутого Закона установлен закрытый перечень перехода права пользования участками недр;

«... в) момент перехода бремени содержания и момент перехода риска случайной гибели (случайного повреждения или порчи) имущества» [6, с. 215]. В данном случае следует отметить случаи, предусмотренные статьей 21.1

этого Закона, согласно которой если в интересах рационального использования и охраны недр приостановление добычи полезных ископаемых нецелесообразно или невозможно, органы, досрочно прекратившие право пользования соответствующим участком недр, до принятия в установленном порядке решения о новом пользователе недр могут предоставить право краткосрочного (до одного года) пользования таким участком недр юридическому лицу (оператору) с оформлением соответствующей лицензии в порядке, установленном настоящим Законом. При этом между пользователем недр, право пользования недрами которого досрочно прекращено, и временным оператором может быть заключен договор о передаче имущества, необходимого для обеспечения пользования недрами, на возмездных основаниях. Кроме этого на регулирование имущественных отношений направлены нормы Гражданского кодекса Российской Федерации;

«... г) место исполнения обязательств, вытекающих из модели экономического поведения» [6, с. 215]. Приведенный элемент обусловлен, во-первых, территориальной привязкой участка недр, что отразится на принятии решений уполномоченными органами государственной власти, указанными в статье 10.1 Закона Российской Федерации «О недрах». Во-вторых, влиянием на предусмотренные частью пятой статьи 13.1 этого Закона критерии выявления победителя при проведении конкурса на право пользования участком недр, среди которых вклад в социально-экономическое развитие территории, сроки реализации соответствующих программ, эффективность мероприятий по охране недр и окружающей среды;

«... д) время (срок) исполнения обязательств, вытекающих из модели экономического поведения» [6, с. 216]. В соответствии со статьей 10 Закона участки недр предоставляются в пользование на определенный срок или без ограничения срока. Нормами этой статьи предусмотрен закрытый перечень случаев предоставления участков недр на определенный срок;

«... е) момент прекращения обязательств, вытекающих из модели экономического поведения» [6, с. 216]. Статьей 20 Закона Российской Федерации «О недрах» установлены

основания для прекращения права пользования недрами, в статье 21 определен порядок досрочного прекращения права пользования недрами и статья 26 посвящена ликвидации и консервации предприятий по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Таким образом, для правовой регламентации методов государственного регулирования обеспечения экономического компонента публичного интереса необходимо соблюдение следующих условий:

- в законодательстве Российской Федерации о недрах должен быть установлен перечень методов государственного воздействия на субъектов горных отношений;
- необходимо дать нормативное определение каждому из методов государственного воздействия;
- все приведенные в перечне методы должны быть закреплены в Законе Российской Федерации «О недрах».

Выводы

1. Основу правового обеспечения экономической компоненты публичного интереса составляют способы экономического воздействия, перечень которых закреплен в нормах Закона Российской Федерации «О недрах». Обоснована необходимость императивного закрепления в законодательстве Российской Федерации о недрах отношений, возникающих в процессе недропользования в случаях, если отсутствие такого закрепления неблагоприятно повлияет на экономическую компоненту публичного интереса. В случае наличия норм, которые допускают несколько вариантов моделей поведения (экономических методов), необходимо исчерпывающе закрепить их перечень. В Законе Российской Федерации «О недрах» следует установить норму, запрещающую использование экономических методов, непрописанных в нормативных правовых актах.

2. Доказана необходимость разработки и утверждения норм-принципов, запрещающих использование экономических методов регулирования отношений, связанных с недропользованием, которые не закреплены в законодательстве (например, отсутствует критерий, учитывающий показатель рентабельности предприятия, зависящий от его

прибыли). При этом следует утвердить перечень используемых методов обеспечения экономического компонента публичного интереса в горном праве, их нормативное дефинитивное определение, а также правовую регламентацию.

3. В процессе реализации абсолютных отношений при использовании статических методов правового регулирования обеспечения экономического компонента публичного интереса обоснована необходимость в качестве субъектов горных отношений рассматривать участников простого товарищества для недропользования на участках недр федерального значения, участках недр федерального значения континентального шельфа Российской Федерации и участках недр федерального значения, расположенных на территории Российской Федерации и простирающихся на ее континентальный шельф. Следовательно, в Законе Российской Федерации «О недрах» необходимо установить соответствующую норму.

4. В процессе реализации относительных отношений при применении динамических методов правового регулирования обеспечения экономического компонента публичного интереса доказана необходимость закрепления в Законе Российской Федерации «О недрах» следующих положений:

- 1) при получении права пользования недрами по результатам аукциона недропользователь должен обеспечить:
 - научно-технический уровень программ геологического изучения недр и использования участков недр;
 - полноту извлечения полезных ископаемых;
 - вклад в социально-экономическое развитие территории;
 - сроки реализации соответствующих программ;
 - эффективность мероприятий по охране недр и окружающей среды;
 - обеспечение обороны страны и безопасности государства;
- 2) гарантированное получение права пользования недрами для разведки и разработки месторождения полезных ископаемых при установлении факта открытия этого месторождения недропользователем, проводившим работы по поиску такого месторождения;

3) возможность оперативного вмешательства государства в деятельность горнодобывающего предприятия, в случае если отсутствие такого вмешательства приведет к ущемлению экономической компоненты публичного интереса и социально неблагоприятным последствиям.

5. Обосновано, что при применении договорного способа обеспечения экономического компонента публичного интереса необходимо установить исчерпывающий

перечень случаев его применения. Кроме того, следует разработать и утвердить постановлением Правительства Российской Федерации типовые формы документов, направленных на реализацию договорного способа. Такие документы должны содержать порядок реализации преддоговорных отношений, порядок заключения договоров, включая процедуру и процессуальные сроки, а также типовые формы таких договоров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубецкой К. Н., Краснянский Г. Л., Курский А. Н., Панфилов Е. И. Горное законодательство России: вчера, сегодня, завтра. М., 2000. С. 159.
2. Суренков В. С., Курский А. Н. Правовые проблемы горного законодательства России. Минеральные ресурсы России // Экономика и управление. 1995. № 6. С. 32.
3. Использование и охрана природных ресурсов: ежемесячный бюллетень. 1998. № 4–5. С. 27.

4. Перчик А. И. Горное право: словарь. Термины, понятия, институты. М., 2000. С. 83.
5. Клюкин Б. Д. Горные отношения в странах Западной Европы и Америки. М., 2000. С. 90–91.
6. Веленто И. И., Елисеев В. С. Теория экономического права: курс лекций. Гродно 2004. С. 210–216.
7. Юридическая энциклопедия / под общей редакцией М. Ю. Тихомирова. М. 2006. С. 744.

REFERENCES

1. Trubetsky K. N., Krasnyansky G. L., Kursky A. N., Panfilov E. I. *Mining legislation of Russia: yesterday, today, tomorrow*. M., 2000. p. 159.
2. Surenkov V. S., Kursky A. N. Legal problems of the mining legislation of Russia. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*. 1995. № 6. p. 32.
3. *Use and protection of natural resources: monthly bulletin*. 1998. № 4–5. p. 27.

4. Perchik A. I. *Mining law: dictionary. Terms, concepts, institutions*. M., 2000. p. 83.
5. Klyukin B. D. *Mining relations in the countries of Western Europe and America*. M., 2000. pp. 90–91.
6. Velento I. I., Eliseev V. S. *The theory of economic law: a course of lectures*. Grodno 2004. pp. 210–216.
7. *Legal encyclopedia* / edited by M. Yu. Tikhomirov. M. 2006. p. 744.

Омаров Гаджимурад Заирбекович, депутат Государственной Думы;
Крючек Сергей Иванович, канд. эконом. наук, депутат Государственной Думы;
Дудиков Михаил Владимирович, д-р юрид. наук, эксперт Совета Федерации

Уважаемые коллеги!

Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России» совместно с Некоммерческим партнерством «Содействие развитию горной промышленности “Горное дело”» проводит в 2019 году следующие мероприятия:

Мероприятие	Место проведения	Даты проведения
Семинар «Практические вопросы составления планов развития горных работ и оформления горноотводной документации в соответствии с приказами Ростехнадзора № 401 от 29.09.2017 и № 461 от 01.11.2017»	г. Москва	24.04.2019 – 26.04.2019
Всероссийская научно-практическая конференция «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»	г. Кисловодск	20.05.2019 – 25.05.2019
Всероссийская научно-практическая конференция «Рациональное и безопасное недропользование»	г. Анапа	23.09.2019 – 28.09.2019
Всероссийская научно-практическая конференция «Новые технологии при недропользовании»	г. Москва	21.10.2019 – 26.10.2019

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

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

МАССОВОЕ ЗАКРЫТИЕ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И РАЗРЕЗОВ – УНИКАЛЬНЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ПРОЦЕСС В ГОРНОМ ДЕЛЕ

В статье рассмотрен уникальный опыт реструктуризации угольной промышленности России. Показаны причины, приведшие к необходимости реформирования промышленности, основные проблемы и достигнутые показатели. Уделено внимание роли ФГБУ «ГУРШ» в непосредственной реализации мероприятий по реструктуризации угольной отрасли.

Ключевые слова: угольная промышленность; убыточные шахты и разрезы; ликвидация; реструктуризация; горноэкологический мониторинг; экология; ФГБУ «ГУРШ».

A. M. Navitny

MASS CLOSURE OF COAL MINES AND CUTS – A UNIQUE ENGINEERING PROCESS IN MINING

The article describes the unique experience of the restructuring of the coal industry in Russia. The reasons that led to the need to reform the industry, the main problems and the results achieved are shown. Attention is paid to the role of the «GURSH» FSBI in the direct implementation of measures for the restructuring of the coal industry.

Keywords: coal industry; unprofitable mines and cuts; liquidation reorganization; mining and ecological monitoring; ecology; «GURSH» FSBI.

Рекордный объем добычи угля в России был достигнут в 1988 году – 425,4 млн тонн.

Однако в начале 1990-х годов произошло резкое падение объемов производства (в 1994 году было добыто только 271,3 млн т). В это время действовали 261 шахта и 90 разрезов, 68 обогатительных фабрик и брикетная фабрика, 260 строительно-монтажных трестов и управлений, 19 заводов угольного машиностроения, более 370 подсобных хозяйств, закрытая сеть предприятий торговли и общественного питания. На предприятиях и организациях отрасли была занята 841 тысяча человек. Более половины шахт имели фактический срок службы 50 и более лет. И только 15 % предприятий имели технико-экономические показатели, сопоставимые с передовыми зарубежными, а 46 % – требовали реконструкции. Две трети угледобывающих предприятий были отнесены к опасным по газу и взрывчатости угольной пыли, каждое второе – по самовозгоранию угля. На них происходило более

четверти всех несчастных случаев со смертельными исходами и треть всех аварий. Все это потребовало принятия незамедлительных мер по повышению эффективности угольного производства.

В 1993–1994 годах в России начался процесс реструктуризации угольной отрасли. Основными целями ее являлись: формирование конкурентоспособных угольных компаний, обеспечивающих самофинансирование в длительной перспективе; обеспечение социальной защищенности высвобождаемых трудящихся отрасли; снижение государственной дотации предприятиям отрасли; социально-экономическое и экологическое оздоровление угледобывающих регионов.

В течение 1993–1997 годов специалистами горного профиля при непосредственном участии администраций угледобывающих регионов и профсоюзов, а также экспертов Международного банка реконструкции и развития была выработана стратегия реструктуризации угольной промышленности России. В целях ее реализации были подготовлены

«Основные направления реструктуризации угольной промышленности России», «Основные принципы государственной поддержки ликвидации неперспективных и особо убыточных шахт и разрезов угольной промышленности России» и другие нормативные документы, которые были одобрены Правительством Российской Федерации.

В этот период реструктуризацию отрасли осуществляла компания «Росуголь».

После принятия Правительством Российской Федерации 20 ноября 1997 года постановления № 1462 «О совершенствовании структуры управления угольной промышленности» реализация мероприятий по реструктуризации угольной промышленности была возложена на вновь созданные государственные учреждения:

- Государственное учреждение по вопросам реорганизации и ликвидации нерентабельных шахт и разрезов «ГУРШ», призванное осуществлять технические работы по ликвидации особо убыточных и неперспективных предприятий, переселение жителей с подработанными горными работами территорий, реконструкцию объектов социальной инфраструктуры шахтерских городов и поселков, пострадавших при ликвидации шахт (разрезов);

- Государственное учреждение по координации программ местного развития и решению социальных проблем, вызванных реструктуризацией угольной промышленности «Соцуголь».

Основными направлениями деятельности ФГБУ «ГУРШ» были определены:

- ликвидация горных выработок, демонтаж горного оборудования;
- разборка зданий, сооружений и демонтаж оборудования на поверхности;
- обеспечение жизнедеятельности предприятий в период их ликвидации;
- ликвидация последствий вредного влияния от ведения горных работ;
- снос ветхого жилищного фонда;
- реконструкция и замена объектов социальной инфраструктуры, предоставлявших основные коммунальные услуги жителям шахтерских городов и поселков и пострадавших в связи с ликвидацией шахт и разрезов;

- научно-техническое и проектное обеспечение работ по ликвидации объектов угольной промышленности;

- научно-исследовательские работы по экологическим аспектам ликвидации шахт и разрезов на конкурсной и грантовой основах;

- разработка и экспертиза проектов ликвидации убыточных и неперспективных шахт и разрезов, а также шахтостроительных (углестроительных) организаций, расположенных в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях;

- ведение систематического мониторинга за вредным влиянием затопливаемых шахт на объекты поверхности и экологическую ситуацию в шахтерских городах и поселках.

В 2002 году приказами ФГБУ «ГУРШ» во всех основных угледобывающих регионах Российской Федерации (Кузбасс, Восточный Донбасс, Дальний Восток, Урал) были созданы его филиалы.

Филиалы ФГБУ «ГУРШ» работают в тесном взаимодействии не только с местными администрациями, но и с организациями, занимающимися вопросами социально-экологического мониторинга в основных угледобывающих регионах России.

Реструктуризация угольной промышленности, в том числе ликвидация неэффективных производств, осуществляется в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также ведомственными документами в области угольной промышленности.

К настоящему времени в 24 субъектах Российской Федерации (78 шахтерских муниципальных образованиях) на 203 шахтах и разрезах прекращена добыча угля и проводятся работы в соответствии с проектами их ликвидации. Все ликвидируемые организации – юридические лица – исключены из единого государственного реестра юридических лиц.

Реализация этого решения позволила оздоровить в целом экономику угольной отрасли, снизить нагрузку на федеральный бюджет.

За годы реструктуризации в угольной промышленности за счет средств федерального бюджета по состоянию на 1 января 2019 года профинансированы технические работы на сумму 32146,4 млн рублей.

В ходе реализации проектов выполнены следующие мероприятия:

– ликвидированы горные выработки общей протяженностью 5,0 тыс. км; снесено 5247 зданий и сооружений в объеме 15,2 млн куб. м; реконструировано и построено 54 водоотливных комплекса; построено 12 очистных сооружений шахтных вод; потушены пожары на 65 породных отвалах и 7 пожаров в подземных горных выработках; завершены работы по капитальному ремонту, реконструкции и строительству 61 социального объекта, пострадавших в результате их подработки; выполнено 83 мероприятия по обеспечению защиты от затопления смежных действующих шахт, питьевых источников от загрязнения и подтопления объектов земной поверхности шахтными водами; завершены работы по рекультивации нарушенных земель по 222 рабочим проектам, рекультивировано 6781,3 га земель; осуществлялось ведение мониторинга экологических последствий ликвидации угольных (сланцевых) шахт и разрезов в регионах России: в Подмосковном, Печорском и Кузнецком угольных бассейнах, Восточном Донбассе, Уральском регионе, Приморском крае и Сахалинской области, Ленинградской области, включая мероприятия по оперативной ликвидации провалов земной поверхности.

Завершены работы по ликвидации последствий ведения горных работ (работы по ликвидации горных выработок и исключению доступа к ним, по демонтажу оборудования, сносу зданий и сооружений, рекультивации использованных земель, ликвидации экологических и иных последствий ведения горных работ) по 173 предприятиям (160 шахтам и 13 разрезам); по 67 предприятиям – по мониторингу экологических последствий.

За 1994–2017 годы затраты на разработку (корректировку) и экспертизу проектов составили 2252,6 млн рублей. За этот период разработаны проекты ликвидации всех закрытых в процессе реструктуризации угольной промышленности шахт и разрезов, проектная и рабочая документация по более 1200 объектам, предусмотренным ими.

Федеральным законом от 5 декабря 2017 года № 362-ФЗ «О федеральном бюджете на 2018 год и на плановый период 2019 и

2020 годов» на реализацию технических и проектных работ предусмотрены средства в размере 3186,1 млн рублей. Остаточная стоимость работ составляет 13,0 млрд рублей.

Использование этих средств позволит завершить реализацию проектных решений по этим направлениям и коренным образом улучшить экологическую обстановку на территориях, подверженных подработке при ведении горных работ.

Намечается завершение работ по направлениям рекультивации использованных земель, ликвидации экологических и иных последствий ведения горных работ и продолжения ведения мониторинга производственной и экологической безопасности.

За годы реструктуризации проводилась интенсивная работа по реализации программ местного развития, на которые из средств федерального бюджета было выделено 51112,0 млн рублей.

Утвержденными проектами ликвидации предусмотрено финансирование работ по реконструкции и замене 809 объектов социальной инфраструктуры (котельные, объекты связи, газо-, водо-, тепло- и энергоснабжения, очистные сооружения, прочие объекты), пострадавших в связи с ликвидацией шахт и разрезов, с затратами 9382,6 млн рублей. Профинансировано 802 объекта на сумму 8720,8 млн рублей, полностью завершены работы на 794 объектах.

Затраты на снос ветхого жилищного фонда, ставшего в результате ведения горных работ на ликвидируемых шахтах непригодным для проживания по критериям безопасности, составили 456,4 млн рублей. При этом снесено 2705,5 тыс. куб. м аварийного жилья.

На эксплуатацию 13 природоохранных объектов из федерального бюджета выделено 1,7 млрд рублей.

С 2012 года финансирование работ по указанным направлениям из федерального бюджета приостановлено.

Большая и очень важная работа проводилась ФГБУ «ГУРШ» совместно с администрациями шахтерских городов и поселков по решению вопросов переселения семей из ветхого аварийного жилищного фонда. В связи с ограниченным финансированием данного направления программа переселения из ветхого жилья

выполнена на 90,9 % по сравнению с проектами ликвидации. По состоянию на 1 января 2018 года в новое жилье переселено 42 200 семей с затратами в сумме 40 242,5 млн рублей.

В соответствии с объемами средств федерального бюджета в сумме 2801,9 млн рублей, выделенных на эти цели, в ближайшие три года предусмотрено переселить 1248 семей.

После 2020 года необходимо переселить еще 9478 семей с затратами в сумме около 19 000 млн рублей.

Анализ объемов работ по ликвидации вредных последствий от ведения горных работ на закрываемых шахтах показывает, что в период производства горных работ по добыче угля инженерные службы действующих шахт и региональные контролирующие органы Ростехнадзора допускают многочисленные случаи перехода очистных работ на горные отвалы смежных шахт с прорезкой барьерных целиков. Этим самым нарушается надежная гидрогеологическая связь между шахтами, приводящая к нарушениям требований Правил безопасности и невозможности затопления ликвидируемой шахты.

В этих случаях на закрываемой шахте необходимо строить новый водоотливной комплекс с обеспечением поддержания безопасного уровня воды на весь период эксплуатации действующей шахты. Затраты на обеспечение безопасной эксплуатации смежных действующих шахт от аварийного прорыва затапливаемых ликвидированных шахт по причине нарушения гидрогеологической связи на строительство водоотливов в целом по стране составили 3,2 млрд рублей и на их эксплуатацию по состоянию на 01.01.2019 – свыше 650 млн рублей. Указанные затраты следует полностью отнести на статью «неправильное ведение горных работ», допущенное инженерными службами в период эксплуатации шахты. Следует также отметить, что на тех шахтах, где полностью соблюдены размеры межшахтных барьерных целиков, рассчитанные по известной формуле, в угольной отрасли не было ни одного случая неуправляемого перетока шахтных вод. Это свидетельствует о том, что принятая в Правилах безопасности формула расчета размера барьерных целиков надежно обеспечивает гидрогеологическую безопасность между шахтами.

В этой связи особая роль отводится геологической и маркшейдерской службам шахт в период производства эксплуатационных работ, которые должны занимать принципиальную позицию с целью недопущения нарушений гидрогеологических связей между шахтами, установленных Правилами безопасности.

При прекращении производственной деятельности шахт и разрезов уменьшилось техногенное воздействие на окружающую среду, в том числе выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с вентиляционными потоками, сброс загрязненных шахтных и карьерных вод в водные объекты, изъятие и нарушение земель, образование и размещение в породных отвалах отходов производства. Вместе с тем остаются накопители твердых и жидких отходов производства, нарушенные и загрязненные земли, происходит загрязнение подземных водоносных горизонтов, в том числе используемых для питьевых целей, идет процесс образования провалов и выделение шахтных газов на поверхность.

Сравнительный анализ ряда количественных показателей, характеризующих экологическое состояние жилого сектора по угольным бассейнам России, по результатам проводимого мониторинга в контексте последнего десятилетия, показывает, что наблюдается тенденция снижения негативного воздействия последствий ликвидации шахт и разрезов на окружающую среду и население, в том числе за счет реализации государственных проектов по тушению породных отвалов и рекультивации нарушенных земель, строительству водоотливных комплексов и очистных сооружений, и прочих мероприятий, предусмотренных программой реструктуризации угольной промышленности России, однако проблемы остаются.

В 2017 году горно-экологический мониторинг последствий ликвидации угольных (сланцевых) шахт и разрезов (далее – Мониторинг) проводился по 7 проектам в 10 регионах России (Ленинградская, Тульская, Кемеровская, Ростовская, Челябинская, Свердловская области, Республика Коми и Башкортостан, Пермский и Приморский края).

Ведение Мониторинга позволяет решать актуальные вопросы безопасности проживания

населения на горнопромышленных территориях, связанные с выделением рудничных газов в дома и заглубленные объекты жилого сектора, загрязнением водоемов и почв, подтоплением жилых территорий, ликвидацией провалов и проседаний земной поверхности в непосредственной близости от жилых объектов.

В рамках экологического мониторинга с целью оценки состояния и прогноза изменения объектов наблюдения предусмотрено два основных вида мониторинга:

- гидрогеологический мониторинг;
- мониторинг участков недр.

Гидрогеологический мониторинг в 2017 году включает следующие виды наблюдений:

- визуальные обследования территорий с целью выявления возможных выходов шахтных вод на земную поверхность;
- режимные наблюдения уровня подземных вод, температуры, дебит излива-высачивания шахтных вод;
- отбор проб подземных вод с предварительной прокачкой гидронаблюдательных скважин (на выработанное пространство и водоносные горизонты), вод поверхностных источников и донных отложений, количественный химический анализ проб.

Мониторинг участков недр в 2017 году включает:

- визуальные обследования породных отвалов с целью выявления возможного возгорания;
- визуальные обследования провалоопасных зон с целью выявления образовавшихся провалов, просадок земной поверхности с последующей их ликвидацией;

- контроль за выделением рудничных газов на земную поверхность в угрожаемых и опасных зонах, химический анализ проб воздуха помещений (погреба, подвалы зданий и иные заглубленные объекты) и выработок;

- проведение инструментальных наблюдений за развитием деформационных процессов на горных отводах ликвидируемых шахт и разрезов (в районе расположения социально значимых объектов инфраструктуры).

В ходе выполнения работ, предусмотренных гидрогеологическим мониторингом, проводился систематический контроль степени и динамики затопления ликвидируемых шахт, измерялся дебит изливающихся (высачивающихся) шахтных вод, также производился контроль качественного состава подземных (шахтных) и поверхностных вод. С этой целью выполнялись режимные наблюдения и отбирались пробы воды и донных отложений для химического анализа в лаборатории (табл. 1).

По результатам выполненных работ было установлено:

- на большинстве ликвидированных шахт имеет место стабилизация гидрогеологического режима затопления с восстановлением естественного водного баланса, нарушенного деятельностью угледобывающих предприятий;
- гидрохимический режим подземных вод зоны активного водообмена продолжает оставаться нестабильным и в ряде случаев неудовлетворительным;
- результаты наблюдений за поверхностными водами (реки, родники, ручьи) указывают на стабилизацию по химическому составу

Таблица 1

Результаты мониторинга водных ресурсов за 2017 год

Углепромышленный район	Режимные наблюдения за уровнем подземных вод, шт.		Наблюдения за качеством подземных и поверхностных вод, донных отложений, шт.	
	Количество пунктов замера уровней подземных вод, изливов шахтных вод	Всего замеров	Количество пунктов отбора проб	Всего проб
Приморье	69	491	76	119
Кузбасс	31	178	6	22
Восточный Донбасс	69	288	181	430
Урал	133	462	233	512
Печора	3	21	42	71
Подмосковье	13	39	24	38
Сланцы	23	414	33	60
Итого	341	1893	595	1252

экологической ситуации в большинстве поверхностных водотоков.

Исходя из анализа полученных результатов гидрогеологического мониторинга по наблюдательным скважинам, систематически осуществляется оптимизация гидрогеологической наблюдательной сети и проводимых видов работ.

В мировой практике еще не встречалось таких масштабов реструктуризации угольной промышленности с массовым закрытием нерентабельных особо убыточных шахт и разрезов и одновременным оперативным решением сложных технических, социальных и экологических проблем, среди которых:

- разработка и утверждение нормативно-правовых и технических документов, регламентирующих ведение работ;
- разработка и утверждение проектов ликвидации шахт и разрезов (до 50 проектов в год);
- организация своевременного выполнения технических ликвидационных работ,

предусмотренных в проектах по объектам, представляющим опасность для населения и контроль за их качеством;

- ведение мониторинга во всех основных бассейнах страны за технической и экологической безопасностью от вредного влияния горных работ.

Распоряжением Правительства от 21 июня 2014 года № 1099-р утверждена «Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года», в соответствии с которой основным направлением развития угольной отрасли на перспективу является наращивание производственного потенциала на основе модернизации и завершения реструктуризации в действующих угольных бассейнах, а также создание новых центров угледобычи на востоке страны.

ФГБУ «ГУРШ» продолжит активное участие в реализации мероприятий по реструктуризации угольной промышленности под непосредственным руководством Минэнерго России.

Навитный Аркадий Михайлович, заместитель директора – начальник Управления маркшейдерии, геологии и охраны природы ФГБУ «ГУРШ», тел. +7 (495) 695-89-36

Уважаемые коллеги!



Оргкомитет приглашает специалистов и профессионалов в маркшейдерско-геодезической области принять участие в работе XVII Конгресса Международного союза маркшейдеров ISM (International Society for mine surveying), который будет проходить с 26 по 30 сентября 2019 года в городе Иркутске.

ISM – это международное маркшейдерское сообщество, осуществляющее свою деятельность в качестве независимой международной организации и являющееся некоммерческим и негосударственным объединением.

Основная цель ISM – содействие международному сотрудничеству в области маркшейдерии и геодезии путем проведения международных конференций и съездов, обмена

опытом, ресурсами, а также студентами, академическими сотрудниками и специалистами данных областей.

В состав ISM на сегодня входит 43 страны. Россия впервые в истории проведения конгрессов ISM станет хозяином для съезда Международного союза маркшейдеров.

В Конгрессе примут участие профессионалы из Европы, Азии, Африки, Канады, Америки.

Во время работы будут рассмотрены актуальные вопросы по следующим тематикам:

- Технологии разработки месторождений полезных ископаемых
- Прогноз и мониторинг геомеханических и геодинамических процессов, сопровождающих разработку месторождений подземным способом и строительство подземных сооружений
- Прогноз и мониторинг геомеханических и геодинамических процессов, сопровождающих разработку месторождений открытым способом
- Маркшейдерско-геодезическое обеспечение разработки месторождений углеводородов
- Промышленная безопасность, охрана природных ресурсов и окружающей среды
- Геоинформационные технологии при разработке месторождений, моделирование технологических процессов
- Экономика маркшейдерско-геодезических проектов. Новые энергетические ресурсы, их маркшейдерско-геодезическое обеспечение

Одним из мероприятий Конгресса станет выставка высокотехнологичного маркшейдерско-геодезического оборудования ведущих компаний производителей.

Экскурсионная программа включает в себя тур по уникальному озеру Байкал.

Инициатор Конгресса – Международный союз маркшейдеров

Организатор – Иркутский национальный исследовательский технический университет

Поддержка Конгресса – Байкальский союз маркшейдеров, Союз маркшейдеров России

Всю необходимую информацию о контрольных сроках и порядке оформления участия вы можете найти на официальном сайте <https://ism2019.com>



ПРОГНОЗ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОВАЛОВ ПРИ РАЗВИТИИ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ НА ШАХТНЫХ ПОЛЯХ С БОЛЬШОЙ МОЩНОСТЬЮ ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НАНОСОВ)

Приведены результаты наблюдений за сдвижением и деформациями земной поверхности и системный анализ данных натурных измерений параметров (ширины раскрытия и глубины проникновения) образовавшихся вследствие этих процессов трещин в наносах большой мощности. На основании выведенной зависимости этих параметров трещин от уровня деформаций поверхности разработана методика прогноза развития ширины раскрытия и глубины проникновения трещин. Приведена геомеханическая схема процессов образования трещин с переходом в стадию обрушения их стенок. В результате трещины приобретают вид провалов.

Ключевые слова: кривизна; горизонтальные деформации; ширина раскрытия и глубина проникновения трещин.

V. N. Gusev, Yu. I. Kutepov, E. B. Borger, Yu. Yu. Kutepov

THE FORECAST OF FORMATION OF THE CRACKS HAVING THE NATURE OF A COLLAPSE IN A LAYER OF BREEDS OF A SURFACE OF BIG THICKNESS

Results of observations of shift and deformations of the land surface and the system analysis of these natural measurements of parameters (width of disclosure and depth of penetration) of the cracks created owing to these processes are given in layer of breed of the big thickness relating to the land surface. On the basis of the received functional dependence of these parameters of cracks from deformations of a surface the technique of the forecast of development of width of disclosure and depth of penetration of cracks is presented. The geomechanical scheme of processes of formation of cracks with transition to a stage of collapse of their walls is provided. As a result of a crack take the form of a collapse of breeds of the land surface.

Keywords: curvature; horizontal deformations; width of disclosure and depth of penetration of cracks.

На поле шахты им. А. Д. Рубана (Кузбасс) земная поверхность за счет развития сдвижения горных пород подвергается техногенному воздействию в виде нарушений сплошности, внешне напоминающих провалы. Данные явления обычно сопровождают подземную разработку угольных месторождений на глубинах горных работ 20 и менее крат вынимаемой мощности пласта [1]. В условиях изучаемой шахты отработка запасов ведется на глубинах более 50-кратной мощности пласта, что, казалось бы, должно исключать здесь возможность провалообразования. Однако по

факту на подработанной территории шахтного поля в покровных отложениях (наносах), характеризующихся мощностью более 50 м, наблюдается образование различных форм нарушений массивов и поверхности Земли, которые квалифицируют как провалы. При этом следует заметить, что данные явления по форме имеют вертикальные стенки на значительную глубину, достигающую в отдельных случаях 10 м, а также характеризуются большой величиной раскрытия, поэтому выглядят визуально практически как классические провалы.

Изучение процесса нарушения сплошности покровных отложений (наносов) большой мощности при их подработке производилось на базе результатов опытно-промышленного эксперимента по отработке лавы № 812 по пласту Польшаевский-2 на участке «Магистральный» шахты им. А. Д. Рубана, включающего наблюдения на комплексной маркшейдерской станции, заложенной в подрабатываемом массиве и на его поверхности. Маркшейдерская станция в свой состав включала (рис. 1):

- скважину № 1 с датчиками порового давления, по которым определялись параметры развития зоны водопроводящих трещин (ЗВТ);
- скважину № 2 с глубинными реперами для изучения распределения сдвижений и деформаций в наносах и слоях коренных пород, в которых формируется ЗВТ;
- профильную линию реперов, заложенную вкрест простирания пласта Польшаевский-2, для изучения процессов сдвижений и деформаций подрабатываемой поверхности.

Наблюдения за сдвижением и деформациями горных пород по реперам и датчикам комплексной наблюдательной станции осуществлялись в процессе отработки лавы № 812 в период январь–декабрь 2018 года. Уже на начальном этапе эксперимента (у монтажной камеры) на поверхности земли были зафиксированы большие трещины, напоминающие провалы. Измеренные параметры образовавшихся трещин (ширина раскрытия, глубина проникновения) позволили выполнить статистический анализ с целью выявле-

ния наиболее ожидаемых величин ширины раскрытия и глубины проникновения трещин.

Анализ данных наблюдений за геомеханическими процессами сдвижений и деформаций горных пород на комплексной наблюдательной станции (профильная линия реперов и скважина с глубинными реперами) показал, что фактическая максимальная кривизна выпуклости (положительная кривизна) в условиях подработки наносов большой мощности (до 50 м) практически совпадает (в пределах 6 %) с ее расчетным значением, полученным методом типовых кривых, изложенным в Правилах охраны [1], и составила величину $K_0 = 0,62 \cdot 10^{-3}$ 1/м. Фактическая максимальная горизонтальная деформация растяжения (положительная горизонтальная деформация), полученная из распределения горизонтальных деформаций путем трансформации распределения фактической кривизны через переходные коэффициенты, которые были определены исходя из качественного сходства распределения кривизны и горизонтальных деформаций в мульде сдвижения, также практически совпала (в пределах 0,5 %) с ее расчетным значением [1] и составила величину $\varepsilon_0 = 18,2 \cdot 10^{-3}$. При этом надо отметить тот факт, что в методе расчета деформаций, изложенном в [1], при значениях угла наклона пласта в рассматриваемой лаве 5° , максимальные значения кривизны выпуклости и горизонтальной деформации растяжения практически равны максимальным значени-

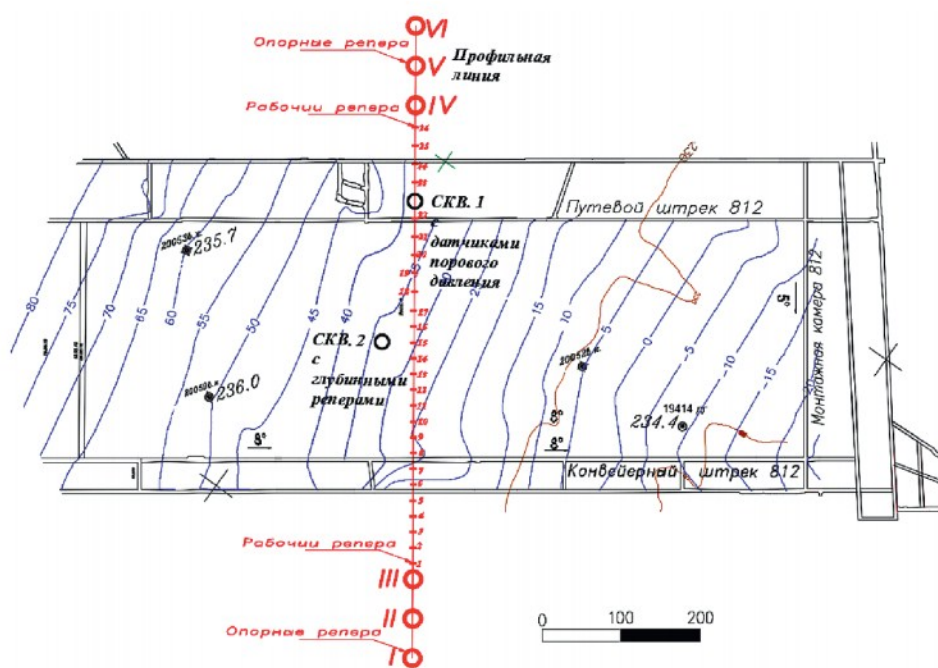


Рис. 1. Комплексная наблюдательная станция

ям кривизны вогнутости и горизонтальной деформации сжатия. Таким образом, для прогноза максимальной кривизны выпуклости (вогнутости) и горизонтальных деформаций растяжений (сжатий), при которых происходит образование трещин в наносах с определенными параметрами их раскрытия и глубины проникновения, можно воспользоваться расчетной методикой, изложенной в Правилах охраны [1].

Установлено, что в статической мульде сдвижения, фиксируемой на профильной линии, заложеной вкрест простирания пласта Полысаевский 2 (рис. 1), фактические максимальные кривизна вогнутости (отрицательная кривизна) и горизонтальная деформация сжатия (отрицательная горизонтальная деформация) практически в 2 раза больше по абсолютной величине соответствующих положительных значений кривизны и горизонтальных деформаций. По всей видимости, это объясняется влиянием на распределение деформаций (кривизны и горизонтальных деформаций) аномально большой мощности наносов. Отсутствие этого эффекта в динамической мульде поверхности, получаемой из частотных наблюдений за планкой скважины с глубинными реперами (рис. 1), объясняется неполностью реализованными деформациями из-за движущейся впереди забоя лавы № 812 мульды сдвижения в направлении простирания пласта Полысаевский 2. Планка скважины № 2 характеризует сдвижение земной поверхности, по которой получают динамическую мульду сдвижения поверхности по простиранию пласта и относительно которой определяют сдвижения глубинных реперов.

Обработка результатов натурных измерений параметров трещин, образовавшихся вследствие отработки лавы № 812, методами математической статистики [2] позволила установить, что

- наиболее вероятной шириной раскрытия трещин является значение $P_0 = 0,14$ м, а максимальной статистической шириной раскрытия - значение $P_{\max} = 1,47$ м (интервал ширины раскрытия: 1,04 - 1,90 м);

- наиболее вероятной глубиной проникновения трещин является значение $\Gamma_0 = 0,49$ м, а максимальной статистической глубиной про-

никновения - значение $\Gamma_{\max} = 2,02$ м (интервал глубин: 1,54 - 2,50 м).

Эти раскрытия (P_0, P_{\max}) и глубины проникновения (Γ_0, Γ_{\max}) трещин реализуются при установленных для этих условий фактических максимальных значениях кривизны выпуклости (K_0) и горизонтальных деформаций растяжения (ε_0).

При деформировании слоев массива горных пород, включая наносы, в местах максимальных значений кривизны выпуклости происходит раскрытие нормальносекущих трещин пропорционально величине \sqrt{K} . Такая закономерность получается из следующих соображений. Установлено [3], что

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{H_2}{H_1}, \quad (1)$$

где P_1 и P_2 - раскрытие нормальносекущих трещин в слоях, расположенных соответственно на расстоянии по вертикали H_1 и H_2 от пласта. Из анализа результатов натурных наблюдений за сдвижением пород в толще С. Г. Авершиным была получена следующая зависимость [4]:

$$\frac{K_1}{K_2} = \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^2 \text{ или } \frac{H_2}{H_1} = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}}, \quad (2)$$

где K_1 и K_2 - соответственно максимальная кривизна слоев, расположенных на расстоянии H_1 и H_2 от пласта. Тогда, исходя из (1) и (2), можно записать

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}}, \quad (3)$$

т. е. раскрытие трещин пропорционально корню квадратному из кривизны этого слоя.

На основе закономерностей распределения максимальной кривизны в слоях массива и образующихся в них раскрытий трещин (см. формулы (1) - (3)) разработана и предложена для реализации методика прогноза ширины раскрытия и глубины проникновения, формирующихся в наносах большой мощности трещин. Ниже изложена суть предлагаемой методики прогноза.

Применительно к рассматриваемым условиям выражение (3) можно записать следующим образом:

$$\frac{P_0}{P_x} = \sqrt{\frac{K_0}{K_x}}, \quad (4)$$

где P_x – прогнозируемая ширина раскрытия трещин; K_x – максимальная положительная кривизна (кривизна выпуклости), получаемая расчетным способом [1] или из численного моделирования геомеханических процессов, при которой формируется прогнозируемая ширина раскрытия трещин P_x ; K_0 – установленная фактическая максимальная кривизна выпуклости ($K_0 = 0,62 \cdot 10^{-3}$ 1/м), при которой, с наибольшей вероятностью, ширина раскрытия трещин составит величину $P_0 = 0,14$ м. Отсюда прогнозируемая ширина раскрытия трещин (P_x) будет определена как

$$P_x = P_0 \sqrt{\frac{K_x}{K_0}}, \quad (5)$$

где $K_x, P_x; P_0, K_0$ – см. формулу (4).

Если в формулу (5) вместо P_0 подставить установленное значение максимальной ширины раскрытия трещин $P_{\max} = 1,47$ м, то полученное выражение позволит прогнозировать такой параметр, как максимальное раскрытие трещин на рассматриваемой площади распространения наносов большой мощности (50 м и более) $P_{\max, X}$:

$$P_{\max, X} = P_{\max} \sqrt{\frac{K_x}{K_0}}, \quad (6)$$

где K_x – максимальная положительная кривизна (кривизна выпуклости), при которой формируется прогнозируемая максимальная ширина раскрытия трещин $P_{\max, X}$ и которую получают по методике расчета, изложенной в [1]; K_0 – установленная фактическая максимальная кривизна выпуклости ($K_0 = 0,62 \cdot 10^{-3}$ 1/м), при которой максимальная ширина раскрытия трещин составит величину $P_{\max} = 1,47$ м.

Прогноз раскрытия трещин через горизонтальные деформации можно осуществить следующим образом. На основании качественного сходства в распределениях кривизны и горизонтальных деформаций и используя аппарат формул методики расчета деформаций методом типовых функций [1], можно записать взаимосвязь этих видов деформаций через переходные коэффициенты в следующем виде:

$$\varepsilon_0 = p_0 \cdot K_0 = [0,5 a_0 H_0 (ctg \delta_0 + ctg \psi_3)] \cdot K_0; \quad (7)$$

$$\varepsilon_x = p_x \cdot K_x = [0,5 a_0 H_x (ctg \delta_0 + ctg \psi_3)] \cdot K_x \quad (8)$$

отсюда

$$K_0 = \varepsilon_0 / p_0 = \varepsilon_0 / [0,5 a_0 H_0 (ctg \delta_0 + ctg \psi_3)]; \quad (9)$$

$$K_x = \varepsilon_x / p_x = \varepsilon_x / [0,5 a_0 H_x (ctg \delta_0 + ctg \psi_3)], \quad (10)$$

где ε_0 – установленная фактическая горизонтальная деформация растяжения ($\varepsilon_0 = 18,2 \cdot 10^{-3}$), при которой, с наибольшей вероятностью, ширина раскрытия трещин составит величину $P_0 = 0,14$ м; ε_x – максимальная горизонтальная деформация растяжения, получаемая расчетным способом [1] или из численного моделирования геомеханических процессов, при которой формируется прогнозируемая ширина раскрытия трещин P_x ; K_0, K_x – см. формулу (4); p_0, p_x – переходные коэффициенты соответственно для установленных и прогнозируемых значений деформаций; H_0 – глубина горных работ, при которой был определен уровень максимальной горизонтальной деформации растяжения ε_0 , вследствие которой раскрытие трещин составило величину P_0 ; H_x – глубина горных работ, для которой прогнозируется величина раскрытия трещин P_x ; a_0 – относительное максимальное горизонтальное сдвижение [1]; δ_0, ψ_3 – соответственно граничный угол и угол полных сдвижений в главном сечении мульды сдвижения по простиранию пласта [1].

Подставив выражения (9) и (10) в (4), получим

$$\frac{P_0}{P_x} = \frac{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot 0,5 a_0 H_x (ctg \delta_0 + ctg \psi_3)}}{\sqrt{\varepsilon_x \cdot 0,5 a_0 H_0 (ctg \delta_0 + ctg \psi_3)}} = \frac{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot H_x}}{\sqrt{\varepsilon_x \cdot H_0}}. \quad (11)$$

Решив выражение (11) относительно P_x , получим прогнозируемую ширину раскрытия трещин через горизонтальные деформации растяжения:

$$P_x = P_0 \sqrt{\frac{\varepsilon_x \cdot H_0}{\varepsilon_0 \cdot H_x}}, \quad (12)$$

где P_x – прогнозируемая ширина раскрытия трещин при максимальном значении горизонтальной деформации растяжения ε_x , определяемой расчетом по методике [1] или из численного моделирования геомеханических процессов; P_0 – установленная наиболее вероятная величина раскрытия трещин ($P_0 = 0,14$ м) при уровне максимальных горизонтальных деформаций растяжений $\varepsilon_0 = 18,2 \cdot 10^{-3}$; H_0, H_x – см. формулы (7) – (10).

Если в формулу (12) вместо P_0 подставить установленное значение максимальной ши-

рины раскрытия трещин $P_{\max} = 1,47$ м, то полученное выражение позволит прогнозировать такой параметр, как максимальное раскрытие трещин на рассматриваемой площади распространения наносов большой мощности (50 м и более) $P_{\max, X}$:

$$P_{\max, X} = P_{\max} \sqrt{\frac{\varepsilon_X \cdot H_0}{\varepsilon_0 \cdot H_X}}, \quad (13)$$

где ε_X – максимальная положительная горизонтальная деформация (гор. деформация растяжения), при которой формируется прогнозируемая максимальная ширина раскрытия трещин $P_{\max, X}$ и которую получают по методике расчета, изложенной в [1] или из численного моделирования геомеханических процессов; ε_0 – установленная фактическая максимальная горизонтальная деформация растяжения ($\varepsilon_0 = 18,2 \cdot 10^{-3}$), при которой максимальная ширина раскрытия трещин составит величину $P_{\max} = 1,47$ м.

Используя алгоритм приведенной прогнозной методики, были проведены развернутые расчеты ширины раскрытия трещин для различных горногеологических условий отработки пластов. При анализе этих расчетных данных проявилась зависимость ширины раскрытия трещин (P_X и $P_{\max, X}$) от степени подработанности вкрест простирания пластов N_1 при задании различных глубин разработки H_X (N_2 не бралось во внимание, так как всегда $N_2 = 1$). Поскольку степень подработанности N_1 через размеры лавы вкрест простирания пласта D_1 напрямую связана с уровнем де-

формаций, которые, в свою очередь, связаны с шириной раскрытия трещин, то появляется возможность управлять величинами раскрытия трещин. Отсюда следует рекомендация: для уменьшения раскрытия трещин на поверхности необходимо уменьшить коэффициент подработанности N_1 через уменьшение размеров лавы вкрест простирания пласта D_1 . Обратным расчетом можно будет определить размер D_1 , при котором возникающие деформации не вызовут раскрытия трещин более наперед заданного, например, 0,01 м (1 см).

В изложенной выше прогнозной методике, принятой за основную, заложена тенденция увеличения раскрытия трещин с увеличением деформаций поверхности (кривизны выпуклости и горизонтальных деформаций растяжения), обусловленная механизмом формирования трещин, отраженным в формулах (5), (6) и (12), (13). Эта тенденция показана на графиках рис. 2.

Выведенные путем аппроксимации расчетных значений раскрытия трещин (см. графики на рис. 2) корреляционные зависимости составили основу оперативной методики прогноза, являющейся как дополнение к основной. В результате наиболее вероятное раскрытие трещин можно определить из корреляционных уравнений степенной функции:

$$P = 5,798K^{0,506}, \quad (14)$$

$$P = 4,567\varepsilon^{0,846}, \quad (15)$$

где P – наиболее вероятное значение ширины раскрытия трещин; K, ε – соответственно

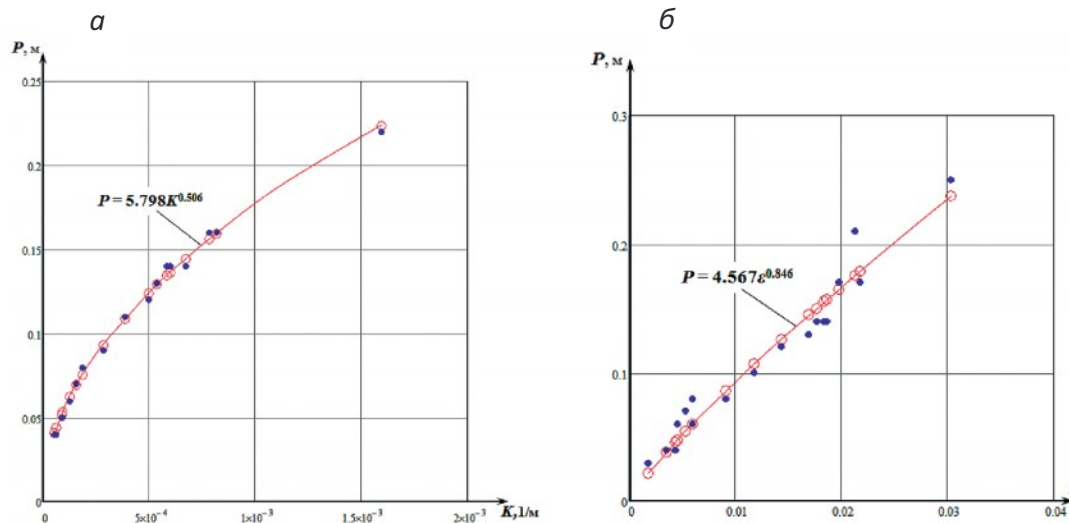


Рис. 2. Зависимости наиболее вероятного раскрытия трещин P от кривизны K (а), от горизонтальных деформаций ε (б):

- ◆ – расчетные по формулам (5) и (12) значения P ;
- – значения P , полученные по корреляционным функциям (14), (15)

максимальные кривизна и горизонтальная деформация, получаемые расчетным способом согласно [1]. Выражение (14) можно записать следующим образом: $P = 5,798\sqrt{K}$, то есть соответствует закономерности, отраженной в формулах (3) и (5).

По аналогии с формулами (14) и (15) были выведены корреляционные уравнения зависимости максимального раскрытия трещин от максимальных значений кривизны и горизонтальных деформаций:

$$P_{max} = 59,865K^{0,502}; \quad (16)$$

$$P_{max} = 52,394 \varepsilon^{0,866}, \quad (17)$$

где P_{max} – максимальное раскрытие трещин; K , ε – см. формулы (14) и (15).

Полученную формулу (16) можно записать в виде $P_{max} = 59,865\sqrt{K}$, что соответствует закономерности, отраженной в формулах (3) и (5), и свидетельствует о правильности выбранного вида аппроксимирующей функции.

Второй основной параметр для прогноза – глубина проникновения трещин (Γ). Поскольку она зависит от величины раскрытия трещин (P), принципиально прогноз глубины проникновения трещин (Γ) можно осуществить путем вывода корреляционного уравнения, отражающего указанную зависимость. Для этого были использованы результаты натурных замеров параметров образовавшихся трещин. Поскольку зависимость раскрытия трещин (P) от деформаций (K , ε) достаточно хорошо описывается степенной функцией (14) – (17), измеренные P и Γ (рис. 3) были аппроксимированы тоже степенной функцией. В результате было получено корреляционное уравнение этой зависимости следующего вида:

$$\Gamma = 1,361 P^{0,388}, \quad (18)$$

где Γ – прогнозируемая глубина проникновения трещин; P – ширина раскрытия трещин, получаемая из основного метода прогноза (формулы (5), (6), (12), (13)) или оперативного (формулы (14) – (17)).

На основании натурных измерений параметров образовавшихся трещин, выявления их зависимости от деформаций наносов, визуального обследования через фотофиксацию различного характера перехода трещин в стадию провалов получена геомеханическая

схема процессов таких нарушений наносов большой мощности при их подработке. При этом формирование такого характера трещин может происходить вследствие воздействия на наносы как *растягивающих*, так и *сжимающих* деформаций. К *растягивающим* деформациям относятся кривизна выпуклости и горизонтальные деформации растяжения, а к *сжимающим* деформациям – кривизна вогнутости и горизонтальные деформации сжатия.

При формировании трещин, вследствие действия *растягивающих* деформаций, их раскрытие может происходить либо без обрушения, либо с обрушением образующих трещину стенок (рис. 4, 5). Обрушение происходит при нарушении устойчивости одной из стенок

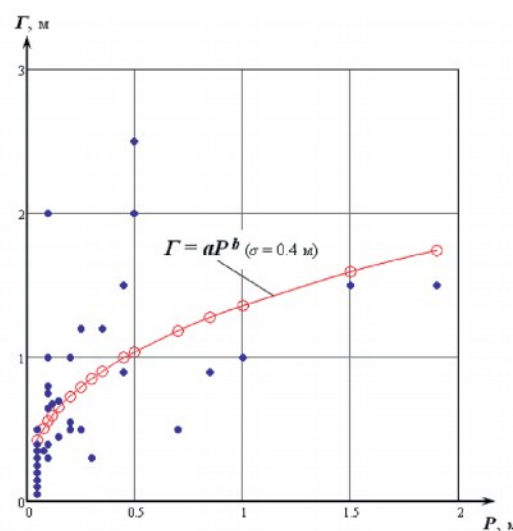


Рис. 3. Аппроксимация данных натурных измерений глубины проникновения (Γ) и ширины раскрытия (P) трещин степенной функцией:
 • – измеренные значения Γ и P ;
 ◦ – значения Γ и P , полученные по корреляционной функции (18)

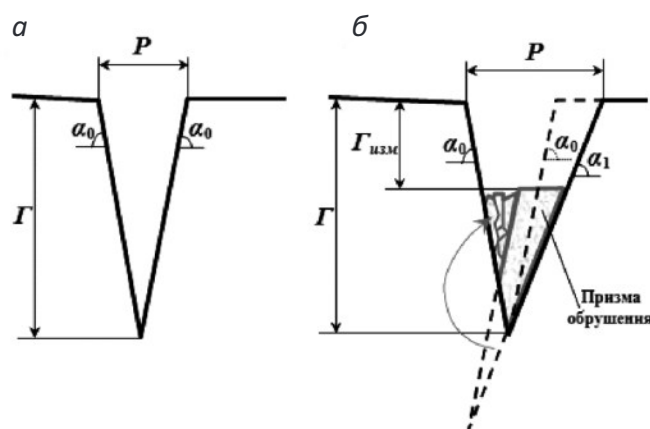


Рис. 4. Схема формирования трещин в наносах большой мощности (порядка 50 м) от действия растягивающих деформаций:
 а – без обрушения стенок трещины;
 б – с обрушением стенок трещины

трещины по сформировавшейся призме обрушения, которая, разрушаясь, заполняет образовавшееся пространство между стенками трещины (рис. 4). За счет подпора обрушившихся первоначально дезинтегрированных пород дальнейшее обрушение происходит по одной или другой стенке трещины. В результате образуется трещина с видимым большим раскрытием после сползания и дезинтеграции призмы обрушения одной из стенок, внешне приобретая вид провала (рис. 5, б).

При действии *сжимающих* деформаций (кривизны вогнутости) в трещине образуются «обратные» призмы обрушения, поскольку на земной поверхности наблюдается кривизна вогнутости (сжатие), а на глубине проникновения трещины – кривизна выпуклости (растяжение) (рис. 6). Другими словами, действует «обратный» порядок воздействия деформаций на формирование трещин относительно их формирования при растягивающих деформациях. Обрушение одной из стенок трещины не приводит к достаточному подпору обрушившимися породами другой стенки трещины, так как подпирается «обратная» призма обрушения. В результате обрушается вторая стенка трещины, заполняя дезинтегрированными породами призму обрушения пространство образовавшейся трещины. При действии таких процессов на отдельных участках конкретной трещины будет формироваться провал в виде видимого раскрытия трещины за счет сползания «обратных» призм обрушения (рис. 7). На других участках, где «обратные» призмы, находясь в предельном состоянии, не обрушились, соответственно на земной поверхности не будет провала или видимого раскрытия трещины, но может образоваться полость, которая со временем или при приложении внешней нагрузки может обрушиться, приобретая вид провала.

Для повышения достоверности методики прогноза раскрытия и глубины проникновения трещин необходимо продолжить работы по сбору информации о параметрах трещин, образующихся в наносах большой мощности, через натурные измерения и фотофиксацию трещин.

Разработанная методика прогноза ширины раскрытия и глубины проникновения трещин в зависимости от уровня деформаций

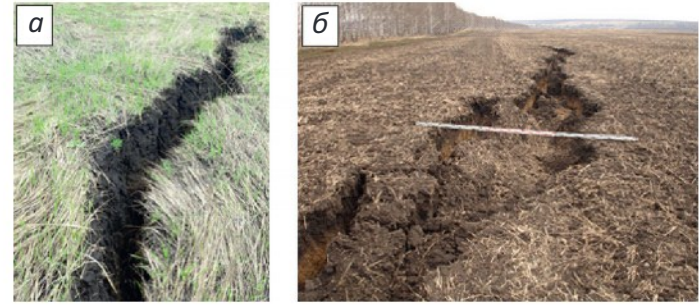


Рис. 5. Трещины, сформированные действием растягивающих деформаций:
а – без обрушения стенок трещины;
б – с обрушением стенок трещины

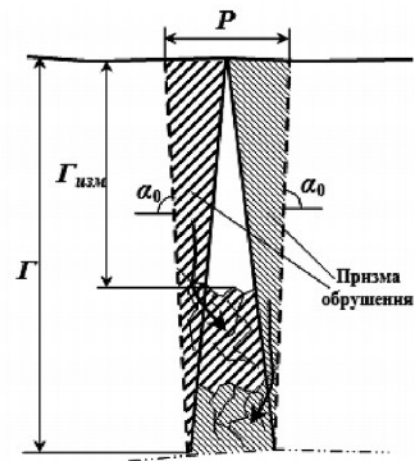


Рис. 6. Схема формирования трещин в наносах большой мощности (порядка 50 м) от действия сжимающих деформаций



Рис. 7. Обрушение «обратных» призм в трещине, сформированной действием сжимающих деформаций (кривизны вогнутости)

наносов большой мощности позволит планировать объемы работ по рекультивации подработанных участков земной поверхности.

На основе выявленных закономерностей геомеханических процессов образования трещин в наносах большой мощности даны рекомендации по снижению степени нарушенности земной поверхности такими трещинами, носящими характер провалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ на угольных месторождениях / Минтопэнерго РФ. РАН Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой науч. центр ВНИМИ. СПб., 1998. 291 с.
2. Гусев В. Н., Шеремет А. Н. Математическая обработка маркшейдерской информации статистическими методами: учеб. пособие. Изд. 2-е, испр. СПб.: СПГГИ(ТУ), 2010. 98 с.
3. Кацнельсон Н. Н., Никольская Н. М. Новый подход к определению возможности выемки угля под водотоками и водоемами // Сб.тр. ВНИМИ. 1959. № 36. С. 3–27.
4. Авершин С. Г. Горные работы под сооружениями и водоемами. М.: Углетехиздат, 1954. 324 с.

REFERENCES

1. Rules of protection of constructions and natural objects from an adverse effect of underground mountain minings on coal fields. Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation. State research institute of mountain geomechanics and mine surveying – the Interindustry center of science VNIMI. SPb., 1998. 291 p.
2. Gusev V. N., Sheremet A. N. *Mathematical processing of surveying information by statistical methods: Manual for students*. The second edition. SPb.: SPGGI(TU), 2010. 98 p.
3. Katsnelson N. N., Nikolskaya N. M. New approach to definition of a possibility of dredging of coal under waterways and reservoirs. *Collection of the works VNIMI*. 1959. No. 36. pp. 3–27.
4. Avershin S. G. *Mining operations under constructions and reservoirs*. M.: Ugletekhizdat, 1954. 324 p.

Гусев Владимир Николаевич¹, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела, тел. +7 (812) 328-82-59, e-mail: kmd@spmi.ru;

Кутепов Юрий Иванович¹, д-р техн. наук, профессор, зав. лаб. гидрогеологии и экологии НЦ ГППП, тел. +7 (812) 328-84-40, e-mail: koutepov@mail.ru;

Боргер Елена Борисовна, главный маркшейдер шахтоуправления им. А. Д. Рубана, АО «СУЭК-Кузбасс», e-mail: BorgerEB@suek.ru;

Кутепов Юрий Юрьевич¹, аспирант, инженер лаборатории гидрогеологии и экологии НЦ ГППП, e-mail: KutepovYY@ya.ru

(¹Санкт-Петербургский горный университет)

Уважаемые коллеги!

23–25 апреля 2019 года в МВЦ «Крокус Экспо» (г. Москва) состоится 23-я Международная выставка машин и оборудования для добычи, обогащения и транспортировки полезных ископаемых MiningWorld Russia.

MiningWorld Russia – динамично растущая выставка. В 2019 году участников и посетителей будет ждать много интересных премьер и событий!

Тематические разделы выставки:

- Экспозиция «Территория тяжелой техники»
- IT-технологии и автоматизация технологических процессов в горнодобывающей промышленности
- Машины и оборудование для разведки месторождений
- Машины и оборудование для добычи полезных ископаемых
- Машины и оборудование для обработки и обогащения полезных ископаемых
- Машины и оборудование для перемещения и транспортировки
- Машины и оборудование для обеспечения безопасности горных работ
- Системы очистки воды, воздуха и экологического мониторинга
- Лабораторное оборудование и материалы
- Оборудование для энергоснабжения горных предприятий
- Строительные технологии в горном деле

Специалистов отрасли будут ждать новые темы и форматы деловой программы:

– Пленарная дискуссия «Устойчивое развитие горнодобывающей отрасли и перспективы роста» при участии представителей профильных министерств и ведомств и крупных горнодобывающих компаний – для менеджеров высшего звена предприятий горнодобывающей отрасли;

– Конференция «Современные технологии переработки и обогащения минерального сырья» – для руководителей и специалистов горно-обогатительных предприятий.

Присоединяйтесь к работе ключевого события горнодобывающей промышленности России!

Будьте среди профессионалов отрасли со всего мира!

Подробная информация на сайте www.miningworld.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПАРАБОЛЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Составлен алгоритм для решения нелинейных маркшейдерско-геодезических задач методом оптимизационной параболы, который реализован в программной среде VBA.

Ключевые слова: оптимизация; выпуклое программирование; поисковые методы; оптимизационная парабола.

A. V. Zubov, N. N. Eliseeva

AN APPLICATION OF THE PARABOLIC OPTIMIZATION METHOD FOR THE SOLUTION OF NONLINEAR PROBLEMS IN MINE SURVEYING AND GEODESY

An algorithm using the parabolic optimization method has been designed for the solution of nonlinear problems in mine surveying and geodesy. Visual Basic for Applications (VBA) was used to design the algorithm.

Keywords: optimization; convex programming; search methods; parabolic optimization.

Современные средства измерений позволяют получать об объекте множество информации, например, при сканировании получают миллионы точек. Из-за переизбытка этих данных искомые параметры можно получить многократно (множество решений). Под оптимизацией понимают процесс выбора наилучшего варианта решения задачи из всех возможных [2]. В настоящее время оптимизационные задачи возникают в различных областях научной и производственной деятельности. Целью оптимизации является нахождение решения в соответствии с какой-либо целевой функцией (критерием эффективности, качества, точности, надежности и др.).

Среди нелинейных оптимизационных маркшейдерско-геодезических задач можно назвать:

- прогнозирование деформаций;
- нахождение параметров связи между различными системами координат;
- выверку нелинейных инженерных сооружений;

- совмещение цифровых изображений;
- уравнивание плановых и пространственных сетей и др.

Методы решения оптимизационных задач достаточно разнообразны и имеют разветвленную классификацию [3, 4]. В настоящее время появилась возможность широкого внедрения поисковых методов решения таких задач. Эти методы являются весьма эффективными в силу своих преимуществ, среди которых:

- большое разнообразие уже разработанных математических алгоритмов;
- возможность комбинирования этих алгоритмов между собой и с другими методами нелинейного программирования;
- простота программной реализации;
- независимость от точности предварительных значений определяемых величин (можно принять значения, далекие от истинных, и процесс решения при этом не нарушится);
- не нужно составлять уравнения поправок или уравнения связи, переходить к системе нормальных уравнений и решать их;

– нет необходимости даже в первых аналоговых производных при линейзации процесса вычислений.

В предыдущей публикации на данную тему [1] рассмотрен алгоритм простейшего поиска с переменным шагом, который заключается в последовательном многократном вычислении целевой функции при изменении каждый раз одной или нескольких переменных в ту или иную сторону до тех пор, пока не будет достигнут ее минимум.

Алгоритм был применен при решении задачи аппроксимации обмеров окружностью [1], и получены следующие результаты: $x = 100,036$ м, $y = 10,488$ м, $r = 1,674$ м, $f_{\text{конеч}} = 0,012436$, $n = 224$, где x, y – координаты центра окружности; r – радиус окружности; $f_{\text{конеч}}$ – конечное значение целевой функции $[vv] = \min$; n – количество циклов, потребовавшихся для решения поставленной задачи.

Ответы были проверены в программе *MathCAD*, разница полученных результатов не превысила 0,5 мм [1]. Таким образом, подтверждена правильность работы алгоритма простого поиска и достоверность результатов вычислений.

Главным недостатком метода является большое число итераций. В данной статье описан алгоритм значительного ускорения метода поисковой оптимизации, особенно на начальной стадии приближения.

На рис. 1 приведен график изменения функции $[VV]$ от аргумента x на некоторой области. Видно, что это парабола, т. е. график выпуклой квадратичной функций вида (1)

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c, \quad (1)$$

где x, y – переменные; a, b, c – заданные числа (причем $a \neq 0$).

Предлагается следующая теория: можно попасть в область минимума целевой функции за один «глобальный шаг» с помощью построения оптимизационных парабол для каждой переменной.

Проверим данную теорию на примере уже рассмотренной задачи аппроксимации результатов обмеров окружностью. При определении по методу наименьших квадратов (МНК) координат центра окружности (x и y) и ее радиуса r по координатам точек, измерен-

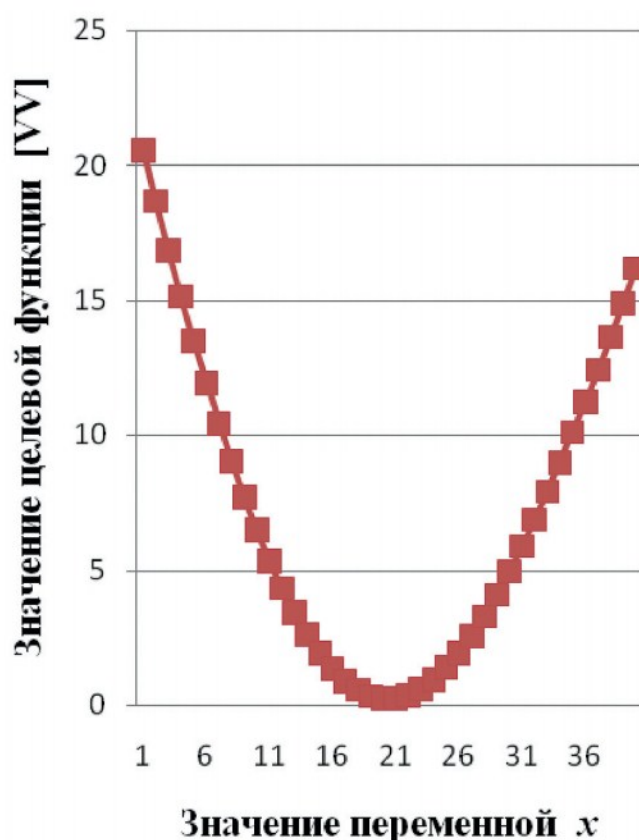


Рис. 1. График изменения целевой функции от переменной x

ным на окружности (x_i и y_i), целевая функция имеет вид (2)

$$F(x, y, r) = \sum_{i=1}^n \left[\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} - r \right]^2 = \min. \quad (2)$$

В качестве целевой функции можно принять любую функцию линейного или нелинейного вида, например, сумму квадратов поправок к результатам измерений $[v^2] = \min$ или сумму модулей поправок $[v] = \min$. Важно, чтобы она являлась достоверным критерием эффективности при решении задачи оптимизации.

Зададим начальное значение параметра x_0 и достаточно малый шаг изменения этого параметра k . Аргументы y и r пока остаются неизменными. Вычислим три значения целевой функции $F(x_{-1}, y, r)$, $F(x_0, y, r)$, $F(x_{+1}, y, r)$ для аргументов $x_{-1} = x_0 - k$, x_0 и $x_{+1} = x_0 + k$. Оптимизационная парабола для параметра x приведена на рис. 2.

Вывод «глобального шага» начнем с составления системы из трех уравнений

$$\begin{cases} a \cdot x_{-1}^2 + b \cdot x_{-1} + c = F_{-1}; \\ a \cdot x_0^2 + b \cdot x_0 + c = F_0; \\ a \cdot x_{+1}^2 + b \cdot x_{+1} + c = F_{+1}. \end{cases}$$

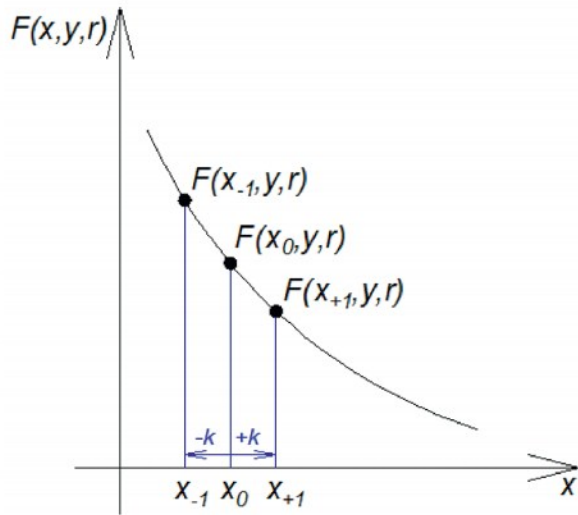


Рис. 2. Фрагмент оптимизационной параболы для параметра x

Запишем определители:

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_{-1}^2 & x_{-1} & 1 \\ x_0^2 & x_0 & 1 \\ x_{+1}^2 & x_{+1} & 1 \end{vmatrix}; \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} F_{-1} & x_{-1} & 1 \\ F_0 & x_0 & 1 \\ F_{+1} & x_{+1} & 1 \end{vmatrix};$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} x_{-1}^2 & F_{-1} & 1 \\ x_0^2 & F_0 & 1 \\ x_{+1}^2 & F_{+1} & 1 \end{vmatrix};$$

$$a = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad b = \frac{\Delta_2}{\Delta}.$$

Минимум параболы определим через производную (3), приравняв ее нулю:

$$F'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta x} = 2 \cdot a \cdot X_{opt} + b = 0, \quad (3)$$

где x_{opt} – значение параметра x , которое попадает в область минимума параболы.

Из равенства (3) следует:

$$X_{opt} = -\frac{b}{2 \cdot a} = -\frac{\Delta_2 \cdot \Delta}{\Delta \cdot 2 \cdot \Delta_1} = -\frac{\Delta_2}{2 \cdot \Delta_1}. \quad (4)$$

Введем величину h и запишем равенство:

$$x_0 + h = X_{opt}, \quad (5)$$

где h – «большой» (или «глобальный») шаг для параметра x .

Таким образом, на основе равенств (4) и (5) после преобразований выведена формула вычисления «глобального» шага:

$$h = \frac{k \cdot (F_{-1} - F_{+1})}{2 \cdot (F_{-1} - 2 \cdot F_0 + F_{+1})}. \quad (6)$$

Далее вычисляются «глобальные» шаги для остальных переменных. На рис. 3 представлена оптимизационная параболы по параметру x .

Разработанный алгоритм был реализован в программе *Visual Basic for Applications* и получил название «Метод оптимизационной параболы».

Таким образом, действуя по принципу «от простого к сложному», был выполнен переход от метода простого поиска с переменным шагом к методу оптимизационной параболы. Полученные результаты не отличались от тех, которые были получены другими методами, при этом разработанный алгоритм не является окончательным и требует детальной проработки на других более сложных практических задачах. Однако даже на начальном этапе выявлено главное преимущество метода оптимизационной параболы, а именно приближение в область минимума целевой функции за первое приближение. Следовательно, разработанный метод может применяться на

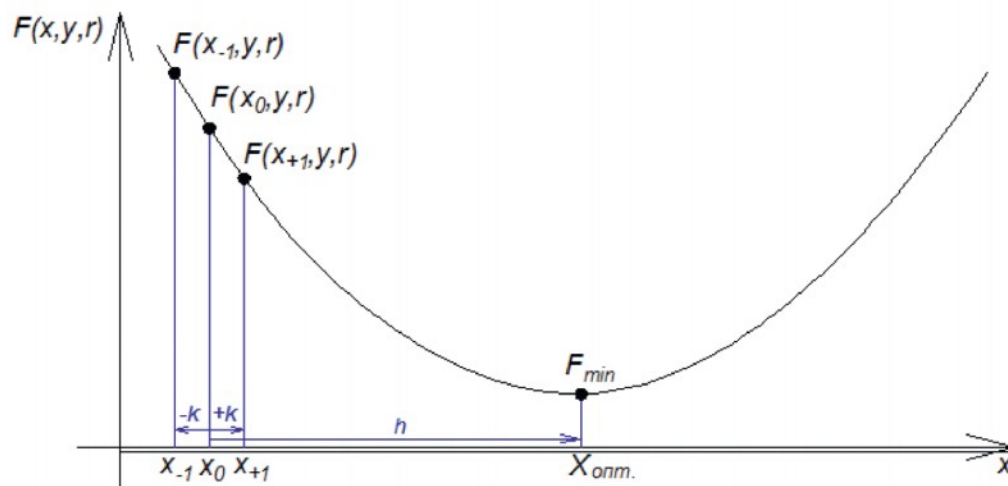


Рис. 3. Оптимизационная параболы по параметру x

Результаты решения задачи аппроксимации окружностью

Решение по методу оптимизационной параболы			Решение по методу простого поиска с переменным шагом	Решение в MathCAD с помощью функции Minimize
Начальные значения параметров	Значения параметров после первого приближения	Конечные значения параметров		
$x_0 = 100,237 \text{ м}$ $y_0 = 11,486 \text{ м}$ $r_0 = 1,600 \text{ м}$	$x = 99,260 \text{ м}$ $y = 10,562 \text{ м}$ $r = 1,803 \text{ м}$	$x = 100,036 \text{ м}$ $y = 10,489 \text{ м}$ $r = 1,674 \text{ м}$	$x = 100,036 \text{ м}$ $y = 10,488 \text{ м}$ $r = 1,674 \text{ м}$	$x = 100,036 \text{ м}$ $y = 10,489 \text{ м}$ $r = 1,674 \text{ м}$
			Конечное значение целевой функции	
			$f = 0,01243$	$f = 0,01244$

начальном этапе решения оптимизационных задач, а именно для определения области минимума целевой функции.

В табл. 1 приведены результаты решения задачи аппроксимации окружностью разными методами.

Данный алгоритм может быть применен при создании программы при определении крена дымовых труб и цилиндрических копров, при выверке вращающихся печей обжига и др.

Заключение

Метод оптимизационной параболы может быть применен при решении широко-

го спектра нелинейных маркшейдерско-геодезических задач.

Применение поисковых методов не ограничивается только реализацией уже существующих алгоритмов. Круг нелинейных маркшейдерско-геодезических задач достаточно широк. Производственные задачи не однотипны, а порой даже уникальны. Поэтому решить их «по шаблонам» традиционными методами не всегда удается. В свою очередь поисковые методы являются более удобными для программной реализации, а большое количество уже существующих и разработка новых алгоритмов поиска позволяют адаптировать их для решения любых задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zubov A. V., Eliseeva N. N. Решение маркшейдерско-геодезических задач поисковыми методами // Маркшейдерский вестник. 2017. № 5. С. 35–38.
2. Турчак Л. И. Основы численных методов: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 320 с.
3. Кузнецов А. В. Высшая математика: Математическое программирование: учеб. / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холодю. Мн.: Выш. шк., 1994. 286 с.
4. Методы оптимизации: базовый курс. URL: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=MO/base.cou>

REFERENCES

1. Zubov A. V., Eliseeva N. N. Solution of Mine Surveying and Geodetic Tasks by Search Methods. *Mine Surveying Bulletin*. 2017. No. 5. pp. 35–38.
2. Turchak L. I. *The Fundamentals of Numerical Methods*. Moscow: Nauka, 1987. 320 p.
3. Kuznetsov A. V. *The higher mathematics: Mathematical programming*. Minsk: Vysshaya shkola, 1994. 286 p.
4. *Optimization Methods: Elementary Course*. URL: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=MO/base.cou>

Зубов Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент, тел. +7 (812) 328-84-13,
e-mail: zaw@spti.ru;

Елисеева Надежда Николаевна, аспирантка, тел. +7 (812) 328-84-13,
e-mail: spti-ig@yandex.ru

(кафедра инженерной геодезии, Санкт-Петербургский горный университет)

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ГИРОСКОПИИ

Часть 4

Рассмотрено историческое наследие в области маркшейдерских гироскопических средств измерений. Дан анализ процесса создания отечественных маркшейдерских взрывобезопасных гирокомпасов с торсионным подвесом маятникового чувствительного элемента. Отражен процесс совершенствования конструкций маркшейдерских гироскопических приборов. Представлены результаты исследований, направленных на уменьшение влияния магнитных полей.

Ключевые слова: гироскопическое ориентирование, маркшейдерские гирокомпасы, совершенствование конструкций, магнитное поле, магнитные погрешности, магнитные экраны.

V. I. Gleizer

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC SURVEYING GYROSCOPY

Part 4

The historical heritage in the field of surveying gyroscopic measuring instruments is considered. The analysis of the process of creating domestic surveying explosion-proof gyrocompasses with torsion suspension pendulum sensing element. The process of improving the design of surveying gyroscopic devices is reflected. The results of studies aimed at reducing the influence of magnetic fields are presented.

Keywords: gyroscopic orientation, surveying gyrocompasses, improvement of structures, magnetic field, magnetic errors, magnetic screens.

Продолжение. Начало в номерах: 2 (123) 2018, С. 26–31, 3 (124) 2018, С.36–41 и 4 (125) 2018, С. 39–44.

С разработки маркшейдерского взрывобезопасного торсионного гирокомпаса МВТ2, который успешно прошел Государственные испытания, началось широкое внедрение в маркшейдерскую практику метода гироскопического ориентирования. В 1968 году опытный завод ВНИМИ приступил к серийному производству этой новой модели маркшейдерского гирокомпаса. Метод гироскопического ориентирования стал применяться и в горнодобывающей промышленности для построения подземных опорных маркшейдерских сетей и выполнения других маркшейдерско-геодезических работ, связанных с ориентированием в шахте и на поверхности, и в ряде отраслей, в которых возникала задача получения высокой точности ориентирования объекта при неподвижном во время работы основании.

Уже на первом этапе разработки маркшейдерских гирокомпасов было известно о неблагоприятном влиянии внешних магнитных полей на точность результатов гироскопического ориентирования [1]. Практика показала, что для достижения требуемой высокой точности маркшейдерских гирокомпасов необходимы их защита от внешних магнитных полей и специальные меры, исключающие или уменьшающие внутреннее магнитное и электромагнитное взаимодействие чувствительного элемента (ЧЭ) с другими элементами конструкции гирокомпаса (ГК). Так, магнитные экраны, расположенные, на корпусе прибора, а в некоторых случаях и непосредственно на ЧЭ, стали неотъемлемой частью конструкции любого маркшейдерского ГК.

В связи с характерной тенденцией к уменьшению массы и габаритов ГК и функционально связанным с этим постепенным уменьшением номинального значения кинетического момента ГК роль внешнего магнитного поля

как возмущающего фактора существенно возрастает. Тем более что в условиях горного производства вполне реальны аномально большие значения магнитных полей, вызванные технологическим процессом добычи полезного ископаемого. Эффективным и практически единственным средством защиты маркшейдерского ГК от влияния магнитного поля (МП) является магнитный экран.

Таким образом, разработка защиты ГК от МП, помимо определения требований к магнитным свойствам материалов, используемых в конструкции ГК, сводится к расчету, проектированию и изготовлению магнитного экрана с минимальными габаритами и массой, надежно обеспечивающего необходимую точность гироскопического ориентирования при влиянии МП.

Для расчета и проектирования оптимального в указанном выше смысле магнитного экрана необходимо предварительно оценить максимально возможную магнитную погрешность ГК, не имеющего защиты от МП. Эта оценка по своей сути определяет первый этап исследований ГК в МП.

На следующем этапе, исходя из заданной точности гироскопического ориентирования, определяется допустимый уровень магнитной погрешности ориентирования и ГК. На основе этих данных с учетом максимальной магнитной погрешности неэкранированного ГК находят минимальные коэффициенты экранирования, обеспечивающие защиту от

влияния произвольно направленного в пространстве внешнего МП заданной напряженности. Определенные таким образом коэффициенты экранирования являются исходными величинами для расчета и проектирования магнитного экрана. Контроль эффективности разработанной защиты от влияния МП осуществляется экспериментальной проверкой коэффициента экранирования изготовленного экрана, а также проверкой точности ориентирования экранированным ГК в МП.

Теоретические и практические исследования влияния магнитных полей на точность маркшейдерских гироскопов проводились на протяжении многих лет под руководством и при участии старшего научного сотрудника лаборатории гироскопических приборов Г. М. Найшулера [2]. Одним из важных результатов выполненных им работ явилась классификация магнитных погрешностей маркшейдерского ГК и гироскопического ориентирования (рис. 1).

Магнитные погрешности, представленные на схеме (см. рис. 1), классифицируются по двум признакам:

- в зависимости от объектов, обуславливающих погрешность, и характера их магнитного взаимодействия;
- в зависимости от физической природы возникновения.

В первом случае предложено различать погрешности 1, 2 и 3-го родов. Погрешности 1-го рода возникают при взаимодействии ЧЭ

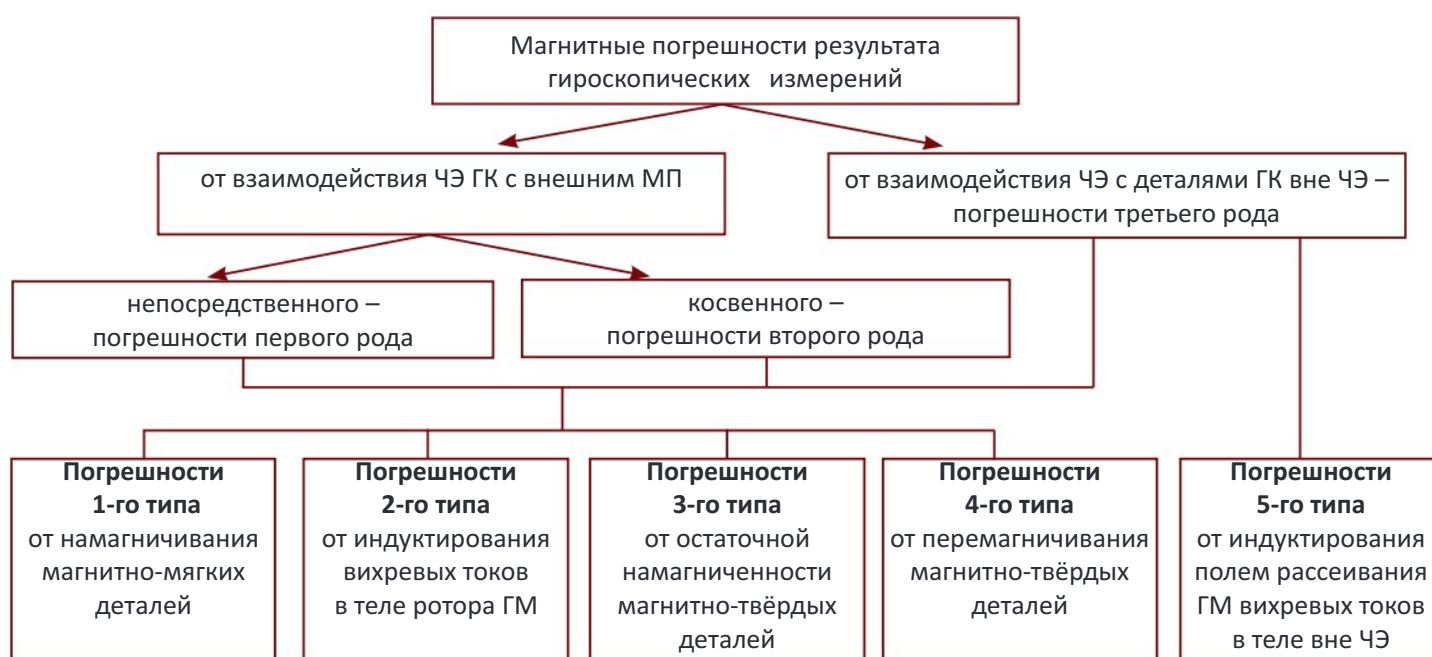


Рис. 1. Классификационная схема магнитных погрешностей гироскопического ориентирования и гироскопа

ГК с внешним по отношению к ГК МП. Погрешности 2-го рода возникают вследствие косвенного взаимодействия ЧЭ с внешним МП, проявляются при наличии ферромагнитного тела в ГК вне корпуса ЧЭ, в частности при наличии магнитного экрана на корпусе прибора. Погрешности 3-го рода обусловлены магнитным взаимодействием только элементов самого ГК, то есть не зависят от внешнего МП. Таким образом, магнитные погрешности 1-го и 2-го родов представляют собой погрешности ориентирования, вызванные внешними условиями, а погрешность 3-го рода является инструментальной (приборной). Физическая сущность погрешностей 1-го и 3-го родов очевидна из определений, что же касается погрешностей 2-го рода, то они объясняются магнитной анизотропией системы: гироскоп (ГМ) – магнитный экран (или иное ферромагнитное тело ГК вне ЧЭ). В зависимости от физической природы возникновения магнитные погрешности ГК могут быть пяти типов (см. рис. 1). Первые четыре являются следствием возмущающего воздействия внешнего МП, а к 5-му типу относятся погрешности от взаимодействия переменного электромагнитного поля рассеивания ГМ с индуцированными этим полем в электропроводящем теле вне ЧЭ, в частности в магнитном экране, закрепленном на корпусе ГК, вихревыми токами.

Как следует из представленного выше материала, в маркшейдерском ГК могут наблюдаться до 13 видов магнитных погрешностей, но их значения далеко не равнозначны. Как показала практика, наиболее существенными магнитными погрешностями неэкранированного ГК являются погрешности 1-го рода, особенно вызванные намагничиванием магнитно-мягких элементов ГМ.

Экспериментальные исследования неэкранированных маркшейдерских ГК проводились с применением системы колец Гельмгольца (рис. 2), установленных в специальном помещении здания ВНИМИ. При исследованиях оценивались магнитные погрешности для конкретных типов ГК и ГМ. Результаты эксперимента использовались для разработки мероприятий по повышению точности ГК в качестве исходных данных при расчете магнитных экранов и проверки результатов теоретических исследований.

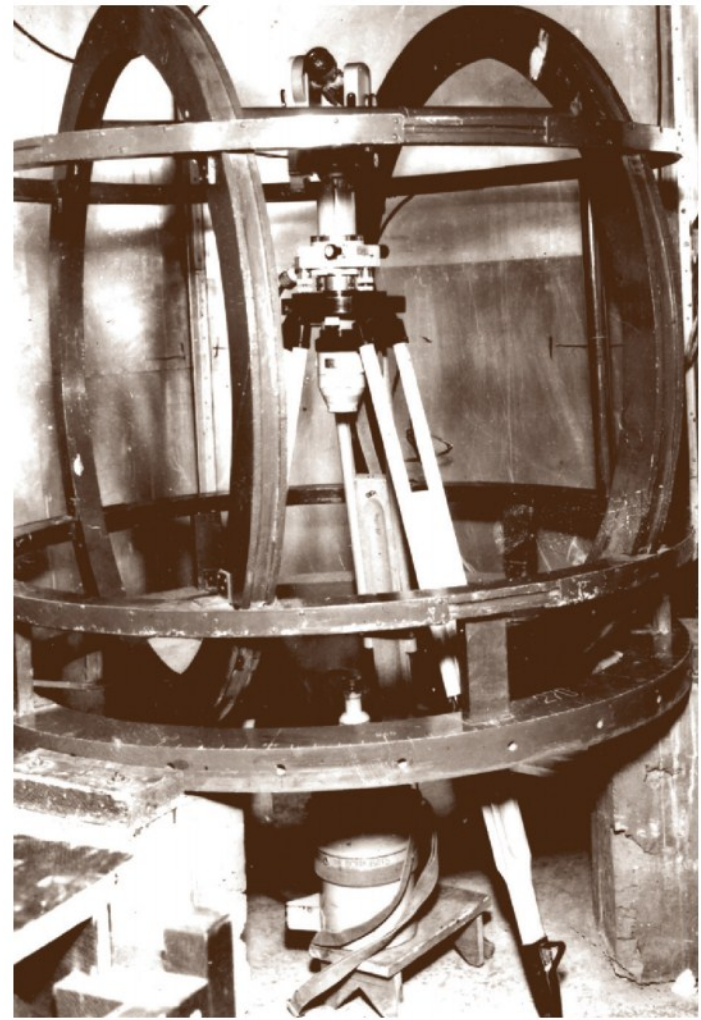


Рис. 2. Гирокомпас MBT2, установленный в кольцах Гельмгольца для исследований в МП

С помощью колец создавалось МП любого направления напряженностью от 0 до 240–300 А/м. Внутри этого поля помещался ГК (см. рис. 2). В процессе исследований фактические величины и направление МП колец Гельмгольца определялись с учетом «земного» МП в месте установки колец. Для контрольных измерений в «нулевом» МП «земное» поле компенсировалось с помощью тех же колец Гельмгольца.

Теоретическое изучение механизма влияния МП на движение ЧЭ маркшейдерского ГК базируется на интегрировании уравнений прецессионного движения ЧЭ [2, 3] с учетом действующих по осям ГК вращающих моментов, вызванных внешним МП. Результирующий вектор напряженности МП принято обозначать H_p . При работе в этом поле ЧЭ имеет суммарный магнитный момент P_Σ , который можно рассматривать как результат воздействия внешнего МП на отдельные элементы ГМ:

$$P_\Sigma = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \quad (1)$$

Количество таких элементов n определяется из конструкции ГМ. Взаимодействие вектора P_{Σ} с МП приводит к появлению вращающего момента

$$M = \mu_0 P_{\Sigma} \times H_p, \quad (2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м – магнитная постоянная, P_{Σ} – суммарный магнитный момент, H_p – результирующий вектор напряженности МП.

Задача состоит в нахождении момента M (M_x, M_y, M_z) и в определении того, какие он может вызвать отклонения от невозмущенного движения ЧЭ (при отсутствии магнитного поля).

Для вычисления проекций вектора H_p было получено

$$\left. \begin{aligned} H_x &= H_p \cos \psi \cdot \sin(\theta - \alpha(t)) \\ H_y &= H_p \cos \psi \cdot \cos(\theta - \alpha(t)) \\ H_z &= H_p \sin \psi \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где ψ – угол между вектором H_p и горизонтальной плоскостью, θ – угол между проекцией вектора H_p на горизонтальную плоскость (H_{xy}) и направлением меридиана, α – угол отклонения главной оси ГК в горизонтальной плоскости.

Магнитную погрешность σ_m ГК можно представить в виде

$$\sigma_m = \frac{\mu_0 (P_x H_y - P_y H_x)}{J \Omega \omega_1}, \quad (4)$$

где μ_0 – магнитная постоянная; H_x, H_y и P_x, P_y – проекции напряженности внешнего МП и магнитного момента ГМ на горизонтальные оси X и Y , связанные с ЧЭ и направленные вдоль и поперек оси вращения ГМ; J – момент инерции ротора ГМ; Ω – скорость вращения ротора ГМ; $J \Omega \omega_1$ – максимальный для данной широты места направляющий момент ГК.

При известном значении направляющего момента ГК и заданной напряженности МП расчет магнитной погрешности сводится к расчету магнитных моментов ГМ. В маркшейдерском ГК гироскоп – практически единственный источник появления магнитных погрешностей.

Применительно к гироскопам, разработанным ВНИМИ, Г. М. Найшулером был предложен единый подход к математическому описанию магнитных моментов [2, 4]. Он заключался в представлении ГМ в виде эк-

вивалентного однородного сплюснутого эллипсоида вращения (рис. 3). При разработке математической модели учитывалась физическая основа и математическое описание явления, происходящего в ГМ под влиянием МП. В качестве условий эквивалентности были приняты равенства основных размеров (диаметра и длины) реального ГМ и модели и намагничивающихся в МП объемов. При этом принимались во внимание особенности намагничивания ферромагнитных элементов ГМ при невращающемся и вращающемся роторе.

Не останавливаясь на подробном описании опубликованной ранее математической модели составляющих магнитного момента ГМ [4], отметим главный полученный результат. Применение разработанной модели позволило добиться минимального расхождения между расчетными и экспериментальными значениями магнитных погрешностей. Расхождение для различных моделей ГК составляло не более 10–15 %. Достоверность получаемых в процессе исследований результатов позволила устанавливать величины и направления максимального влияния магнитного поля, соотношения составляющих магнитных погрешностей для неэкранированного и экранированного ГК, разработать методику расчета коэффициентов экранирования, являющихся основой для последующего конструирования и изготовления магнитных экранов маркшейдерских ГК.

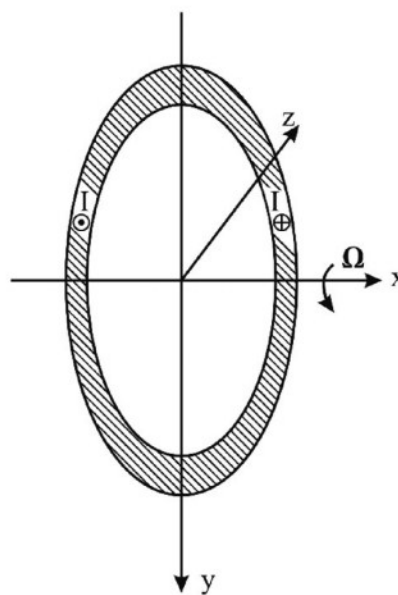


Рис. 3. Оболочка, эквивалентная намагниченному слою вращающегося в МП ротора ГМ

Составляющие напряженности МП, А/м			Магнитная погрешность, °		Отклонение расчетного значения погрешности от экспериментального, %
			эксперимент	расчет	
H_x	H_y	H_z			
160	0	160	5,9	5,7	-3,4
112	112	0	9,3	10,2	+9,7
138	-80	160	13,1	13,7	+4,6

В качестве примера в табл. 1 приведем сравнительные данные расчетных и экспериментальных значений составляющих магнитных погрешностей неэкранированного ГК МВТ2 с ГМ марки ГМА-2,5 при прецессионных колебаниях ЧЭ.

Для серийного производства ГК потребовалось специальное оборудование. В частности, для проведения контрольных заводских испытаний были изготовлены переносные катушки Гельмгольца (рис. 4).

Методика контрольных заводских испытаний серийного ГК в соответствии с ТУ включала 22 пуска прибора, из которых шесть проводились в МП при наиболее неблагоприятных направлениях МП. Катушки позволяли создавать постоянное МП до 560 А/м.

В заключение приведем данные, полученные Г. М. Найшулером [2] на основании результатов заводских испытаний группы из 25 ГК типа МВТ2, изготовленных на ОЭЗ ВНИМИ в 1978–1983 годах. В табл. 2 даны средние квадратические значения погрешностей группы ГК:

$$M_{cp} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2}{n}}, \quad (5)$$

где M_i – погрешность одного (i -го ГК); n – количество ГК.

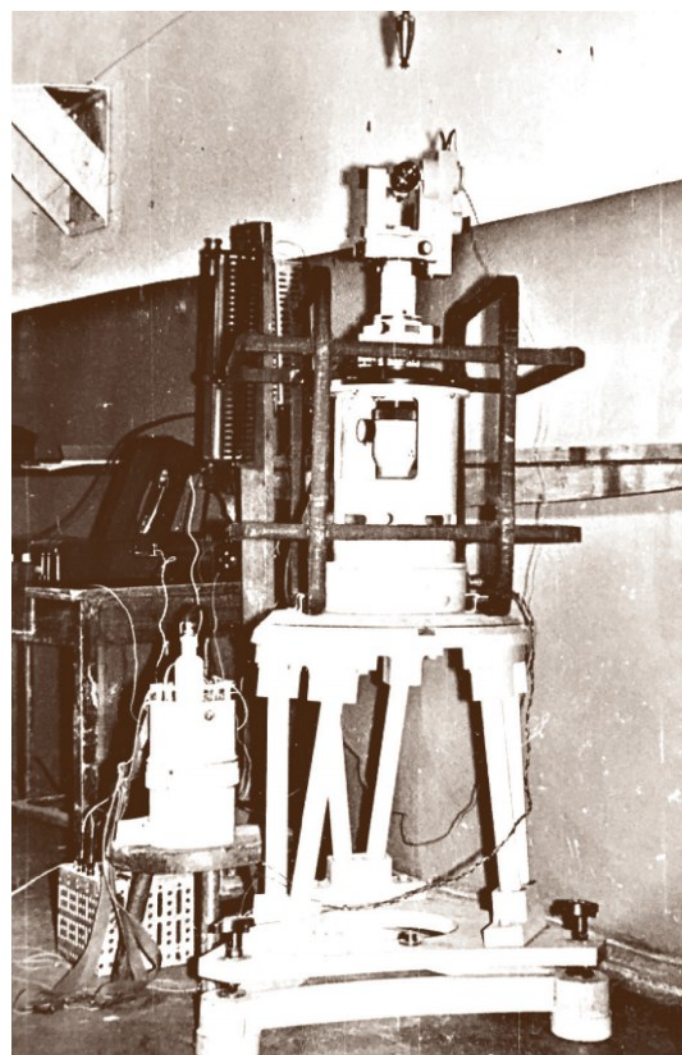


Рис. 4. Гирокомпас МВТ2, установленный на специальном штативе в переносных катушках Гельмгольца при контрольных заводских испытаниях

Таблица 2

Определение погрешности	Обозначение	Количество пусков		Значение погрешности, ″
		одного ГК	общее	
По всем пускам серии	Мг	22	550	21
По пускам в «нулевом поле» (до и после пусков в МП)	Мн	2	50	12
По пускам в МП	Мм	6	150	13
Магнитная погрешность	m_m	6	150	15

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихомирова Н. П. Влияние магнитного поля на показания маркшейдерского гирокомпаса // Труды ВНИМИ. 1958. Сб. 33. С. 76–86.
2. Найшулер Г. М. Повышение точности гироскопического ориентирования шахт за счет уменьшения влияния магнитных полей на маркшейдерский гирокомпас: дис. канд. ... техн. наук. Ленинград: ВНИМИ, 1985.

REFERENCES

1. Tikhomirova N. P. The influence of the magnetic field on the readings of the surveying gyrocompass. *VNIMI Works*. 1958. Sat. 33. pp. 76–86.
2. Nayshuler G. M. *Improving the accuracy of gyroscopic orientation of mines by reducing the influence of magnetic fields on the surveying gyrocompass*. Dissertation candidate of technical sciences. Leningrad: VNIMI, 1985.

3. Глейзер В. И., Найшулер Г. М., Луковатый Ю. С. Влияние внешнего магнитного поля на гирокомпас при разгоне ротора по заданной программе // Вопросы прикладной теории систем ориентации и навигации. 1980. ЛИАП, ЛЭТИ. С. 70–75.
4. Найшулер Г. М. Методика расчета магнитного момента гиromотора маркшейдерского гирокомпаса // Труды ВНИМИ. 1972. Сб. 87. С. 141–146.

3. Gleizer V. I., Nayshuler G. M., Lukovaty Yu. S. The influence of an external magnetic field on the gyrocompass during acceleration of the rotor according to a given program. *Questions of the applied theory of orientation and navigation systems*. 1980. LIAP, LETI. pp. 70–75.
4. Nayshuler G. M. The method of calculating the magnetic moment of the gyromotor surveyor gyrocompass. *VNIMI Works*. 1972. Sat. 87. pp. 141–146.

Глейзер Валерий Иосифович, д-р техн. наук, заместитель генерального директора ООО «Геодезические приборы», заведующий кафедрой геоинформационных технологий Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, e-mail: office@geopribori.ru

Серия «Библиотека горного инженера»



ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕР В. Н. ТАТИЩЕВ

К 300-летию Берг-Привилегии, государственного горного надзора и горного законодательства

Горный инженер В. Н. Татищев / Сост. В. В. Грицков. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2018. — 256 с.: ил. – 2-е изд., стер. – (Библиотека горного инженера. Т. 17 «История горного дела». Кн. 5). ISBN 978-5-6041442-1-3.

Двадцать третьего декабря 2019 года исполняется 300 лет со дня подписания Петром I Берг-Привилегии – первого российского горного закона комплексного характера. Одним из ее главных решений стало образование Берг-Коллегии – органа государственного управления горным делом, правопреемником которого является Ростехнадзор, отмечающий в скором будущем свой 300-летний юбилей.

Знаменательно, что книга, посвященная деятельности одного из самых выдающихся сотрудников Берг-Коллегии Василия Никитича Татищева, вышла в рамках издаваемой АО «СУЭК» книжной серии «Библиотека горного инженера». В ней уже увидели свет более 80 трудов по самым современным направлениям безо-

пасного и рационального освоения угольных месторождений, которыми компания обеспечивает не только своих сотрудников, но и ведущие горные вузы в целях повышения уровня подготовки будущих горных инженеров.

В книгу вошли биографические материалы ряда авторов о Василии Никитиче Татищеве, освещающие его деятельность по развитию горного дела в качестве сотрудника Берг-Коллегии. Продолжена публикация его работ по горному законодательству и горному делу. Подготовленный под его руководством Горнозаводской устав был предложен вниманию читателей ранее (Горное законодательство Российской империи / [Сост., предисл. Грицкова В. В.]. – М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2012. – 424 с., табл., ил. – (Библиотека горного инженера. Т. 17 «История горного дела». Кн. 1)).

В данной книге опубликован его «Наказ шихтмейстеру» – первые российские правила осуществления государственного горного надзора за частными горными промыслами, «Табель горных чинов», устанавливающий соответствие чинов горного ведомства петровскому табелю о рангах, и докладная записка Петру I о горных делах от февраля 1724 года, посвященная организации частной горной компании по разработке уральских медно-рудных месторождений.

Книга предназначена для читателей, интересующихся историей горного дела.

По вопросам сотрудничества и заказа дополнительных тиражей книг обращаться по телефонам: +7 (499) 261-87-87, +7 (499) 261-40-40
E-mail: smr@mwork.su, www.mwork.su

ПРИНЦИП ОТНОШЕНИЙ (ПОДОБИЯ) ПРИ ИЗМЕРЕНИИ И ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ ТОЧЕК

В статье рассматривается объект, имеющий отношение к измерениям, а также вычислениям тех или иных искомым величин; определены его свойства, в том числе полезные. Приведены примеры таких объектов из области геодезии и показаны варианты их использования при решении следующих задач: определении координат точки из линейной засечки, определении деформаций объекта по измерениям вдоль профильных линий, вычислении координат точек теодолитного или полигонометрического ходов.

Ключевые слова: линейные измерения; линейная засечка; однородные координаты; систематическая ошибка; полигонометрия; теодолитный ход; определение координат точек; профильная линия; определение деформаций.

Yu. N. Kornilov, R. A. Gubaydullina

THE PRINCIPLE OF RELATIONSHIP (SIMILARITY) IN MEASURING AND CALCULATING OF POINT COORDINATES

This article describes in detail the object associated with the measurements, as well as calculations of certain desired values. Moreover, useful properties of the object are defined and examples from the field of geodesy and mine surveying are given. This technology might be used for the following tasks: determining the coordinates of a point from three-point resection, determination of object deformations using linear measurements along profile lines, calculating rectangular coordinates using the technique of traversing.

Keywords: linear measurements; profile lines; systematic error; traverse; determine point coordinates; homogeneous coordinates; deformation monitoring.

При решении некоторых геодезических задач целесообразно использовать не измеренные величины, а соотношения между ними. Приведем пример. Пусть выполняется линейная засечка [4] на плоскости по трем исходным точкам (рис. 1), то есть с контролем. Предположим, измерения безошибочны, причем $l_1 = l_2 = l_3$. Тогда решением является точка P пересечения перпендикуляров, показанных на рисунке. Причем координаты могли бы быть получены и как функции измеренных расстояний в каждом из треугольников [2], и по соотношениям между сторонами, которые в данном случае равны 1 (результаты бы сошлись). В последнем случае пришлось бы использовать формулы (1):

$$\begin{cases} K_2^2[(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2] - (x-x_2)^2 - (y-y_2)^2 = 0 \\ K_3^2[(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2] - (x-x_2)^2 - (y-y_2)^2 = 0 \end{cases}, (1)$$

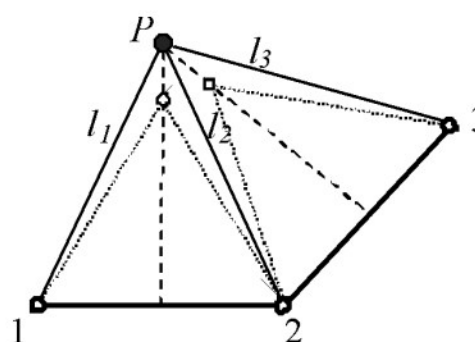


Рис. 1. Линейная засечка

где $K_2 = l_1/l_2$, $K_3 = l_3/l_2$.

Предположим, выполнены повторные измерения, и в силу изменившихся метеорологических условий, которые не были учтены (или учтены не в полной мере), все расстояния стали короче на одну и ту же величину (а при неравенстве расстояний – в то же самое число раз). В этом случае при вычислении координат по измеренным расстояниям

в каждом из треугольников будут получены разные результаты, по сути две разные точки. Среднее между ними не будет равно координатам точки P . Уравнивание также не помогло бы. Но при вычислении по формулам (1) получатся верные координаты. Значит, влияние метеоусловий, а возможно, и других факторов оказывается компенсированным. И есть все основания полагать, что при таком подходе компенсируются все систематические погрешности, которые линейны относительно измеряемой величины.

Заметим, что отношения K_i расстояний l_1, l_2, l_3 можно считать однородными величинами в рассмотренном геодезическом построении в том смысле, что умножение или деление их на одно и то же число не меняет координат искомой точки.

То есть речь, по-видимому, идет о некотором общем принципе, заключающемся в том, что для определения координат точек можно вместо параметров, полученных прямыми измерениями, использовать соотношение между ними (однородные величины). Это дает возможность значительно уменьшить влияние на результаты факторов, линейных относительно этих параметров. Причем при постоянстве условий измерений нет необходимости знать, о каких условиях идет речь, если известно, что систематические ошибки, ими вызываемые, линейны относительно измеряемой величины. Безусловно, на самом деле используется некоторый принцип подобия, и чтобы решение было однозначно, нужны какие-то величины, масштабирующие построение (задающие систем координат). В рассмотренном примере такую роль выполнили три исходные точки.

Приведем другой пример. При использовании однородных величин нет необходимости знать, какая – 20-метровая или 24-метровая землемерная лента (подчеркнем, некомпарированная) – применялась при измерении длин сторон разомкнутого теодолитного хода и в каких единицах проградуирована (метрах, футах и т. д.). Однородными величинами в этом случае будут коэффициенты K_i , полученные относительно одной из сторон хода и вычисленные с надлежащим количеством значащих цифр. Технология обработки хода в этом случае немного

изменится. После вычисления приращений координат в коэффициентах, вычисляются приращения в метрической системе по формулам (2):

$$\Delta X_i = \frac{(X_K - X_H) \Delta K_{xi}}{\sum \Delta K_{xi}}, \quad \Delta Y_i = \frac{(Y_K - Y_H) \Delta K_{yi}}{\sum \Delta K_{yi}}. \quad (2)$$

Они играют роль исправленных приращений.

Конечно, есть и значительные недостатки. Во-первых, такая технология вычисления координат точек теодолитного хода (полигонометрического хода) возможна только в случае, если обе разности координат начальной и конечной точек не равны нулю. Значит, нельзя посчитать и замкнутый ход. Во-вторых, возникают особые требования к точности взаимного положения исходных пунктов, особенно когда они расположены близко друг к другу. Относительная ошибка расстояния между ними целиком ляжет на длины сторон хода. В-третьих, контролируется угловая невязка хода, а следовательно, и качество исходных данных, но не контролируется его относительная невязка. Правда, возможна вполне корректная замена, заключающаяся в сравнении длин сторон, полученных после вычислений координат, с длинами, измеренными в поле. Потери значительны, но при такой технологии вычисления координат отпадает необходимость компарировать ленту (рулетку), учитывать влияние на результат температуры, натяжения. Главное, чтобы условия измерений были стабильны. А указанные выше ограничения можно учесть при проектировании сетей теодолитных (полигонометрических) ходов, в том числе справиться и с замкнутым ходом. Для этого необходимо самую длинную сторону хода измерить особенно тщательно и принять, что ее коэффициент K равен сумме коэффициентов всех других сторон.

На основании вышесказанного логично предположить, что такой принцип особенно рационально применять, если речь идет о задачах определения деформаций объекта, когда измерения выполняются циклами с определенным промежутком времени между циклами, а величины деформаций определяются по результатам сравнения данных из различных циклов наблюдений.

Чтобы убедиться в правильности суждения, рассмотрим следующий пример. В маркшейдерии очень часто при исследовании деформационных процессов земной поверхности (которая может происходить по разным причинам) используют профильные линии, вдоль которых выполняют как линейные измерения, так и нивелирование [1]. Пусть длина профильной линии 400 м. В первых 5 столбцах табл. 1, вдоль профильной линии, без ошибок измерены расстояния в двух циклах (столбцы 1 и 3) и вычислены смещения относительно опорной точки I (столбец 5). При этом использовалась традиционная технология производства работ [8]. Во второй части таблицы приведены результаты измерений расстояний электронным тахеометром (столбцы 6 и 9), причем в первом и втором циклах разными, но равноточными [7].

Постоянные тахеометров и состояние атмосферы не исследовались. Кроме того, координаты опорных точек I и II определены не по результатам высокоточных измерений, а по плану, поэтому расстояние между ними получено с ошибкой в 2 м. Предположим, что неизвестные нам постоянные первого тахеометра равны 98 мм, второго – 46 мм. Атмосферная поправка в первом случае равна +2 мм на 40 м, во втором – +4 мм. То есть в процессе измерений полученные значения длин отрезков оказываются короче истинных (с ошибкой 100 мм на каждые 40 м в первом случае и 50 мм – во втором), что и отражено в табл. 1 (столбцы 6 и 9).

В процессе обработки результатов измерений расстояния от опорной точки I (столбцы 8 и 11) получены с учетом соотношений измеренных сторон (столбцы 7 и 10) по формулам:

Таблица 1

Определение деформаций по профильным линиям

№ точки	$L_1, м$	$l_1, м$ от точки I	$L_2, м$	$l_2, м$ от точки I	Деф., мм	$L_1', м$	K	$l_1', м$ от точки I	$L_2', м$	K'	$l_2', м$ от точки I	Деф., мм
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Исх. I		0		0,00	0			0,00			0,00	0
	40		40,00			39,9	1		39,95	1,00000		
1		40		40,00	0			39,80			39,80	0
	40		40,00			39,9	1		39,95	1,00000		
2		80		80,00	0			79,60			79,60	0
	40		40,02			39,9	1		39,97	1,00050		
3		120		120,02	20			119,40			119,42	20
	40		40,03			39,9	1		39,98	1,00075		
4		160		160,05	50			159,20			159,25	50
	40		40,05			39,9	1		40,00	1,00125		
5		200		200,10	100			199,00			199,10	100
	40		40,01			39,9	1		39,96	1,00025		
6		240		240,11	110			238,80			238,91	110
	40		39,99			39,9	1		39,94	0,99975		
7		280		280,10	100			278,60			278,70	100
	40		39,98			39,9	1		39,93	0,99950		
8		320		320,08	80			318,40			318,48	80
	40		39,95			39,9	1		39,90	0,99875		
9		360		360,03	30			358,20			358,23	30
	40		39,97			39,9	1		39,92	0,99925		
Исх. II		400		400,00	0			398,00			398,00	0
$\Delta(II-I)$	400					ΣK	10	398,00		10,00000		

$$K_i = \frac{L_i}{L_1}, \quad l_i = \frac{\sum_1^i K_i}{\sum_1^n K_i} \cdot L_{I-II}, \quad (3)$$

где n – число отрезков, L_{I-II} – расстояние между опорными точками.

При этом намеренно использовалось неверное расстояние между опорными точками, полученное по плану (то есть 398 м). Из сравнения полученных результатов (столбцы 5 и 12) видно, что смещения во втором случае те же, что и в первом. Конечно, возможны и другие варианты оценки смещений марок, например, по расстояниям, измеренным от опорной точки (так проще), но суть проблемы от этого не меняется.

То есть оказались компенсированы не только систематические ошибки, линейные относительно измеряемых величин. Но метод оказался устойчивым по отношению к ошибкам исходных данных и небольшим, но не линейных, систематических ошибок.

Заметим, что данная технология совершенно игнорирует качество позиционирования исходных точек, да и деформационных марок. В частности, в столбцах 8 и 11 они, очевидно, ошибочные – более 1,5 м. Но смещения верны, а это главное при изучении деформационных процессов.

В процессе выполнения полевых работ важно следить за постоянством условий измерений и, если это невозможно (в силу, например, большого их объема), сеть следует разделить на участки, в пределах которых обеспечивалось бы такое постоянство. При этом для сохранения подобия хотя бы одна сторона предыдущего участка должна быть

измерена повторно, в условиях измерений последующего.

Похоже, можно узаконить понятие однородных величин в геодезии (и вообще в области измерительных технологий) как параметров, однозначно определяющих искомые величины (например, координаты точек), при заданной каким-либо способом системе отсчета. Их особенность в том, что при умножении (или делении) этих параметров на одно и то же число искомые величины не изменятся. Известный аналог – однородные координаты, в котором задана система координат в n -мерном пространстве [6, 3]. В этом случае число параметров, определяющих положение точки, равно $n+1$, то есть на одно больше. Например, координаты точки на плоскости (т. е. в двумерном пространстве) записываются тремя числами (x, y, ω) [5].

Таким образом, выявлен объект (однородные параметры), имеющий отношения к измерениям, а также вычислениям тех или иных искомым величин; определены его свойства, в том числе полезные.

В частности, параметры геодезической сети, однозначно определяющие ее форму и размер, можно назвать однородными, если их умножение и деление на одно и то же число не изменяет координат узловых точек.

Однородные элементы можно использовать в процессе маркшейдерско-геодезических вычислений, так как сеть включает элементы, которые ее масштабируют.

При использовании однородных элементов в геодезических вычислениях автоматически исключаются все систематические ошибки, линейные по отношению к измеряемой величине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ / РД 07-603-03 / Госгортехнадзор России. Москва, 2004.
2. Борщ-Компонице В. И. Геодезия. Маркшейдерское дело. М.: Недра, 1989. 511 с.
3. Григорьев А. Физика и микрогеометрия технических поверхностей. Минск: Беларуская навука, 2016. С. 87–92.
4. Дьяков Б. Н. Геодезия: учебник. 2-е изд. СПб.: Издательство «Лань», 2019. С. 79–82.
5. Игнатенко А. Однородные координаты. URL:

<http://ict.edu.ru/ft/002405/num4coord.pdf> (дата обращения: 23.11.2018).

6. Косников Ю. Н. Геометрическое преобразование в компьютерной графике: конспект лекций. Пенза, 2011. С. 22–29.
7. Нефедова Г. А., Ащеулов В. А. Теория математической обработки геодезических измерений в конспективном изложении: учеб. пособие. Новосибирск: СГГА, 2009. С. 6.
8. Попов В., Шпаков П., Юнаков Ю. Управление устойчивостью карьерных откосов. М.: Горная книга, 2008. С. 568–572.

REFERENCES

1. Survey directions / RD 07-603-03/ Gosgortekhnadzor of Russia. Moscow, 2004.
2. Borscht-Komponiyets V. I. *Geodesy. Mine surveying*. Moscow: Nedra, 1989. 511 p.
3. Grigoriev A. *Physics and Microgeometry of Technical Surfaces*. Minsk: Belaruskaya Navuka, 2016. pp. 87–92.
4. Dyakov B. N. *Surveying: Textbook*. 2nd ed. SPb: Publishing House "Lan", 2019. pp. 79–82.
5. Ignatenko A. *Homogeneous Coordinates – electronic resource*. URL: <http://ict.edu.ru/ft/002405/num4coord.pdf> (reference date: 23.11.2018).
6. Kosnikov Yu.N. *Geometric transformation in computer graphics: lectures*. Penza. 2011. pp. 22–29.
7. Nefedova G. A., Ashcheulov V. A. *The Theory of Mathematical Processing of Geodesic Measurements in a Summary Presentation: training manual*. Novosibirsk: SSGA, 2009. P. 6.
8. Popov V., Shpakov P., Yunakov Y. *Managing the stability of quarry slopes*. Moscow: Mining book, 2008. pp. 568–572.

Корнилов Юрий Николаевич, канд. техн. наук, доцент, тел. +7 (812) 328-84-13, e-mail: yurnikkorn@mail.ru;
Губайдуллина Рушания Айратовна, аспирантка, тел. +7 (812) 328-84-13, e-mail: rusha_g@mail.ru
 (кафедра инженерной геодезии, Санкт-Петербургский горный университет)

Уважаемые коллеги!

**Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России»
 ЧУ «ЦДПО «Горное образование»**

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

Повышение квалификации по горным специальностям в 2019 году

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

Слушатели зачисляются на основании заявки от предприятия и заключенного договора.

По окончании курсов повышения квалификации выдается удостоверение.

График проведения курсов повышения квалификации в 2019 году (72 часа)

Сроки проведения	Направление	Категория слушателей
11.03.2019-20.03.2019 18.04.2019-26.04.2019* 20.05.2019-29.05.2019** 23.09.2019-02.10.2019*** 21.10.2019-30.10.2019**** 18.11.2019-27.11.2019	«Маркшейдерское дело»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
20.05.2019-29.05.2019** 23.09.2019-02.10.2019*** 21.10.2019-30.10.2019****	«Рациональное использование и охрана недр»	специалисты служб лицензирования, недропользования, главного геолога
20.05.2019-29.05.2019** 23.09.2019-02.10.2019*** 21.10.2019-30.10.2019****	«Геология»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
20.05.2019-29.05.2019** 23.09.2019-02.10.2019*** 21.10.2019-30.10.2019****	«Землеустройство и земельный кадастр»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
20.05.2019-29.05.2019** 23.09.2019-02.10.2019*** 21.10.2019-30.10.2019****	«Промышленная безопасность опасных производственных объектов»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций

* – курсы повышения квалификации проводятся в г. Москве. Слушатели курсов примут участие в работе семинара «Практические вопросы составления планов развития горных работ и оформления горноотводной документации в соответствии с приказами Ростехнадзора № 401 от 29.09.2017 и № 461 от 01.11.2017»

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

*** – курсы повышения квалификации проводятся в г. Анапе. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской конференции «Рациональное и безопасное недропользование»

**** – курсы повышения квалификации проводятся в г. Москве. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской конференции «Новые технологии при недропользовании»

Получить более подробную информацию об обучении, полном перечне проводимых курсов, а также о дополнительных мероприятиях можно на сайтах: www.mwork.su, www.gorobr.ru, по e-mail: obr@mwork.su; gorobr@inbox.ru или по тел. +7 (495) 641-00-45, +7 (499) 263-15-55

СОЗДАНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

В работе предложен метод выделения ослабленных зон в водозащитной толще и в калийных продуктивных пластах, основанный на комбинированном использовании геомеханических и геофизических подходов. Метод позволяет получить в любом слое (в любой точке) массива водозащитной толщи распределенные значения таких геомеханических параметров, как прочность на одноосное сжатие, модуль упругости, коэффициент Пуассона и ряд других.

Ключевые слова: сейсморазведка; модель механических свойств (ММС); статические и динамические геомеханические параметры; зоны разуплотнения; водозащитная толща (ВЗТ); корреляционные зависимости.

Yu. A. Kashnikov, A. O. Yermashov, D. V. Shustov, O. O. Lebedeva

THE CREATION OF A GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL MODEL OF THE VERKHNEKAMSKOYE POTASSIUM SALT DEPOSIT

The paper introduces the method of weakened zones determination in waterproof covering. This method is based on the joint application of geophysical and geomechanical approaches. The method allows you to determine the values of uniaxial compressive strength, coefficient of elasticity, Poisson ratio and other characteristics in any point of waterproof covering.

Keywords: seismic prospecting, mechanical properties model (MPM), static and dynamic geomechanical characteristics, decompression zones, waterproof covering (WPC), correlation dependence.

Создание геолого-геомеханической модели

Геологической особенностью большинства калийных месторождений мира является наличие обводненной толщи пород, залегающих непосредственно над продуктивными калийными пластами. При этом часть горного массива, расположенного между калийными пластами и обводненными породами, принято называть водозащитной толщей. В частности, на Верхнекамском месторождении калийных солей (ВКМКС), расположенном на Западном Урале, водозащитной толщей является часть водонепроницаемого горного массива (мощность 50–140 м), расположенная между отрабатываемыми горными работами калийными пластами и горизонтом, содержащим слабоминерализованные воды, имеющим активный водообмен с вышележающими пресноводными горизонтами мощностью от 150 до 350 м [1].

При отработке месторождения для выявления аномальных зон в калийных продуктивных пластах и водозащитной толще (ВЗТ), через которые возможно проникновение надсолевых вод в горные выработки, предлагается совместное использование геомеханических и геофизических подходов. Суть предлагаемого подхода заключается в получении на лабораторном оборудовании корреляционных зависимостей между статическими и динамическими геомеханическими параметрами, корректировании полученных зависимостей по результатам геофизических исследований скважин, получении на основании обработки данных сейсмике 2D и 3D распределения скорости продольной волны и акустического импеданса и, наконец, выделения с использованием полученных зависимостей в массиве ВЗТ и калийных пластах зон с различной степенью уплотнения.

По сути, возникает возможность получить в любом слое (в любой точке) массива ВЗТ распределенные значения таких геомеханических параметров, как прочность на одноосное сжатие, модуль упругости, коэффициент Пуассона и ряд других. Последующее решение задачи геомеханического моделирования напряженно-деформированного состояния ВЗТ предполагает использование уже конкретных значений физико-механических свойств пород, слагающих ВЗТ и калийные пласты.

Идея выделения зон с различными физико-механическими свойствами в породах ВЗТ, а также продуктивных пластах основана на геологической информации по строению месторождения, геофизической информации, полученной в результате обработки сейсмике 3D (или 2D) и геофизических исследований скважин (ГИС), геомеханических зависимостях, полученных в результате испытаний кернового материала. Все это в совокупности является основой геолого-геомеханической модели ВЗТ и калийных пластов, которая, в свою очередь, является основой для достижения последующей цели – получения в результате геомеханического моделирования надежных, отражающих реальность данных о развитии деформационных процессов в ВЗТ и калийных пластах при различных параметрах системы разработки.

Таким образом, под геолого-геомеханической моделью понимается совокупность геологической, геофизической и геомеханической информации, ориентированной на решение конкретной геомеханической проблемы – в нашем случае на оценку сохранности ВЗТ при заданных параметрах системы разработки (рис. 1).

В основе геолого-геомеханической модели лежит модель механических свойств (ММС), широко используемая для выделения уплотненных и разуплотненных зон в продуктивных нефтяных и газоконденсатных объектах [2, 3]. Одним из важнейших ее составных частей является связь между динамическими и статическими геомеханическими характеристиками. И те и другие характеристики получают в ходе керновых испытаний на соответствующем лабораторном оборудовании (M.D. Zoback, 2007, H. Sone, 2013, V. Brotons et al., 2016) [4–6], однако в последующем, имея материалы сейсмике 2D или 3D, можно перейти от динамических характеристик массива к статическим.

В ходе создания ММС пород ВЗТ и продуктивных калийных пластов Палашерского участка (ООО «ЕвроХим-УКК») Верхнекамского калийного месторождения были отобраны монолиты из скважины 107г-3, из которых были изготовлены образцы керна размером 30×60 мм в количестве 45 образцов. Образ-



Рис. 1. Блок-схема создания геолого-геомеханической модели водозащитной толщи (ВЗТ) и калийных пластов

цы представлены породами каменной соли, сильвинита и карналлита. В последующем на установке ПИК-УИДК/ПЛ (Россия) определялись геомеханические характеристики, такие как статические и динамические значения модуля упругости и коэффициента Пуассона, предел прочности на одноосное сжатие, а также параметры паспорта прочности в условиях объемного сжатия.

На рис. 2 показана зависимость прочности на одноосное сжатие от акустического импеданса. Зависимость характеризуется высокими показателями тесноты связи, что позволяет использовать их для создания геолого-геомеханической модели пород ВЗТ и калийных пластов. В целом были получены следующие зависимости:

- статического модуля упругости в атмосферных и пластовых условиях от динамического модуля упругости, скорости продольной волны, акустического импеданса;
- предела прочности на одноосное сжатие от скорости продольной волны и акустического импеданса;
- касательного и секущего модулей деформации, а также модуля спада от скорости продольной волны.

Результаты испытаний были привязаны к результатам акустического каротажа, проведенного по стволу скважины.

Следующим этапом было решение задачи определения упругих динамических характеристик соляной и надсоляной толщ в районе исследуемого участка шахтного поля на основе определения скоростей продольных и поперечных волн V_p и V_s и объемной плот-

ности ρ . Для решения этих задач использовались материалы площадной сейсморазведки 3D, выполненные для нефтяного месторождения им. Архангельского, территориально совмещенного с разрабатываемым участком шахтного поля в комплексе с результатами ГИС скважин, пробуренных на исследуемой территории. Для стратиграфической привязки и создания скоростной модели инверсии использовались данные акустического каротажа (АК) четырех нефтяных скважин, пробуренных на данной площади, и скважины, по которой был отобран керновый материал. На рис. 3 представлен куб скоростей продольных волн исследуемого участка.

Качественное выявление ослабленных зон в ВЗТ и калийных пластах, осложняющих отработку калийной залежи, основывается на анализе скоростных характеристик волнового поля. Для количественной оценки распределения прочностных и деформационных свойств применялись зависимости между статическими и динамическими геомеханическими характеристиками, полученными при испытаниях кернового материала. В частности, использованы зависимости прочности на одноосное сжатие и модуля упругости от скорости продольной волны и акустического импеданса (рис. 2).

На рис. 4 представлено распределение предела прочности на одноосное сжатие, полученное из ММС, по основному продуктивному пласту КрII. Существенно ослабленная зона выделяется в продуктивных пластах КрII и КрIII в северо-восточной части исследуемого участка в районе 2СВП. Значение предела

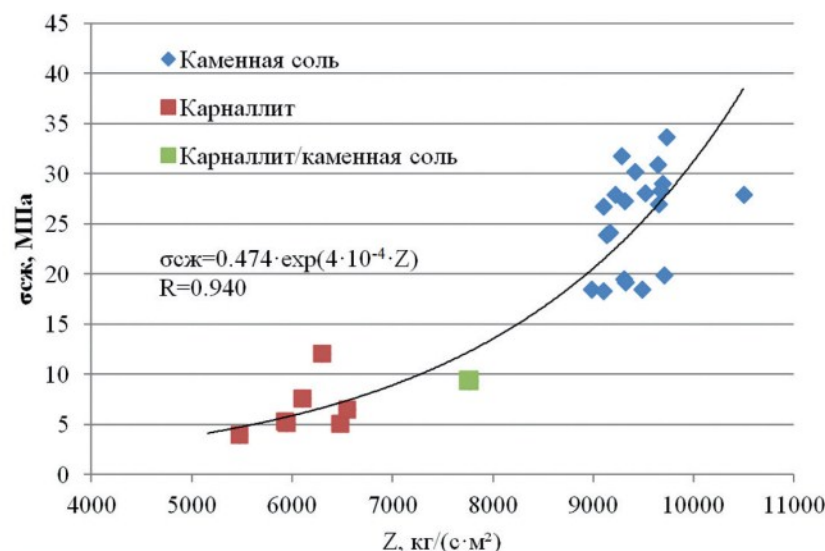


Рис. 2. Зависимость прочности на одноосное сжатие от акустического импеданса

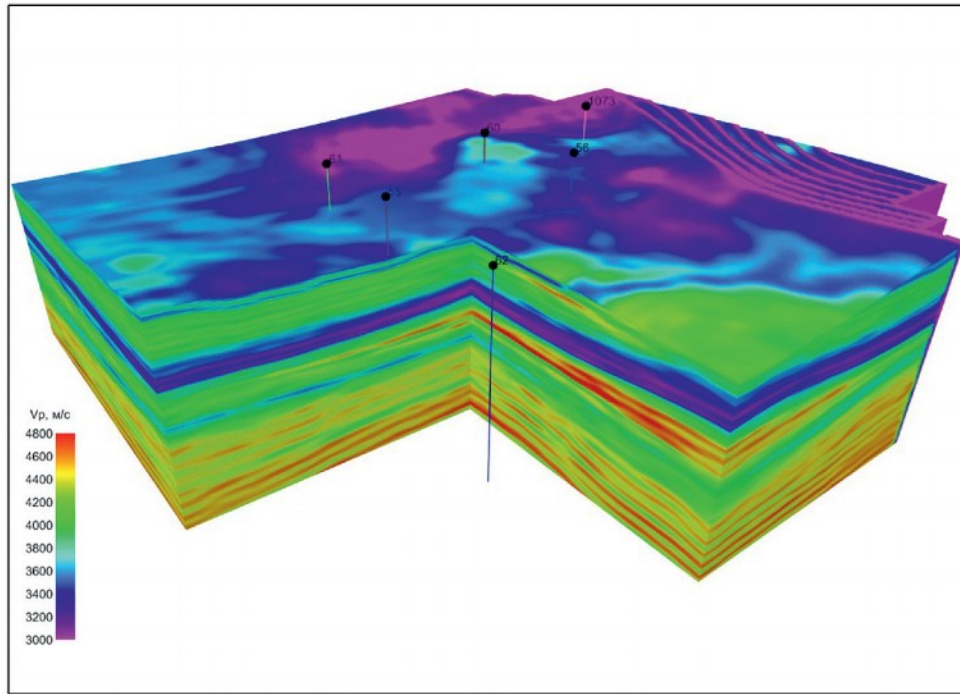


Рис. 3. Куб скоростей продольных волн исследуемого участка с положением нефтяных скважин

прочности в данной зоне меньше 12 МПа, т. е. существенно ниже, чем в Проектном документе, в котором физико-механические свойства пород исследованы только в центральной части шахтного поля по керну контрольно-стволовых скважин. Ослабленная зона охватывает по пласту КрII область приблизительно 600×800 м. Как следствие этого, степень нагружения целиков, расчет которой регламентируется нормативным документом [10], становится существенно больше величины

0,4, принятой в Проектном документе, здесь она будет приближаться к 0,6 и даже более, что может привести к развитию ускоренных оседаний и нарушению сплошности ВЗТ. Аналогичная ситуация обстоит и с пластом Красный III. Степень нагружения целиков при принятых параметрах системы разработки будет составлять в среднем 0,35 вместо 0,27, принятой в Проектном документе. Также в пластах КрII и КрIII присутствуют участки с повышенными значениями прочности.

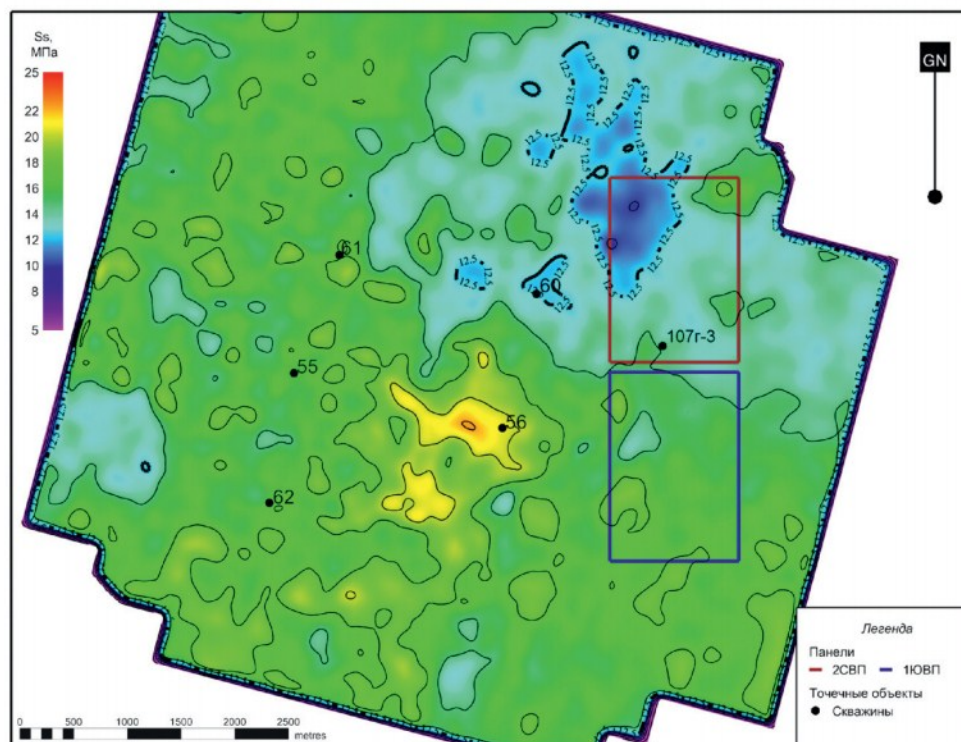


Рис. 4. Распределение предела прочности на одноосное сжатие по пласту КрII

**Геомеханическое моделирование
зон разрушения**

Следующим этапом является собственно создание геомеханической модели конкретного участка шахтного поля с конкретными параметрами системы разработки, основанной уже на реальных физико-механических свойствах. В основу расчетов напряженно-деформированного состояния соляного массива положена реологическая модель деформирования и разрушения соляных пород, которая позволяет рассматривать в отдельности неустановившиеся, установившиеся и прогрессирующие деформации ползучести, а также учитывает разрушение и разупрочнение породы при появлении дилатансии, представленная в работах W. Wittke (1999), T. Doering и J. R. Kiehl (1996) [7, 8]. В основе используемой модели лежит теория вязкопластического течения. Приращения вязкопластических деформаций определяют по аналогии с теорией пластичности через производную скалярной величины Q – потенциала пластичности:

$$\{d\varepsilon^{vp} / dt\} = \left\{ \dot{\varepsilon}^{vp} \right\} = \begin{cases} 0 & \text{при } F \leq 0 \\ \frac{1}{\eta} F \left\{ \partial Q / \partial \sigma \right\} & \text{при } F > 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где F – функция течения, $\dot{\varepsilon}^{vp}$ – скорость вязкопластических деформаций.

Изложенная выше реологическая модель была реализована методом начальных де-

формаций и имплементирована в конечно-элементный пакет «ANSYS» с помощью пользовательских утилит, поставляемых с пакетом [9]. На рис. 5 показаны графики нарастания максимальных оседаний земной поверхности со временем, возникающих при отработке 2СВП, рассчитанные методом конечных элементов (МКЭ) и полученные на основе действующего нормативного документа [10]. В расчете МКЭ использовались физико-механические свойства пластов КрII и КрIII и пород ВЗТ, определенные по предложенному методу. Можно видеть, насколько велика полученная разница в характере нарастания оседаний.

Оценка условий развития трещин в ВЗТ выполнена на основе анализа распределения критерия Друкера-Прагера, определяющего возникновение прогрессирующих деформаций ползучести в соляной породе. Для численной оценки нарушения сплошности ВЗТ критерий Друкера-Прагера преобразован к виду

$$K_t = \frac{q}{[q]} > 0,8, \quad (2)$$

где q – интенсивность действующих напряжений, МПа; $[q]$ – предельная интенсивность напряжений, МПа:

$$[q] = \frac{\left(\frac{2 \sin \varphi_F}{1 - \sin \varphi_F} + \sigma_F^* \right)}{\left(\frac{1}{3} \frac{3 - \sin \varphi_F}{1 - \sin \varphi_F} \right)}, \quad (3)$$

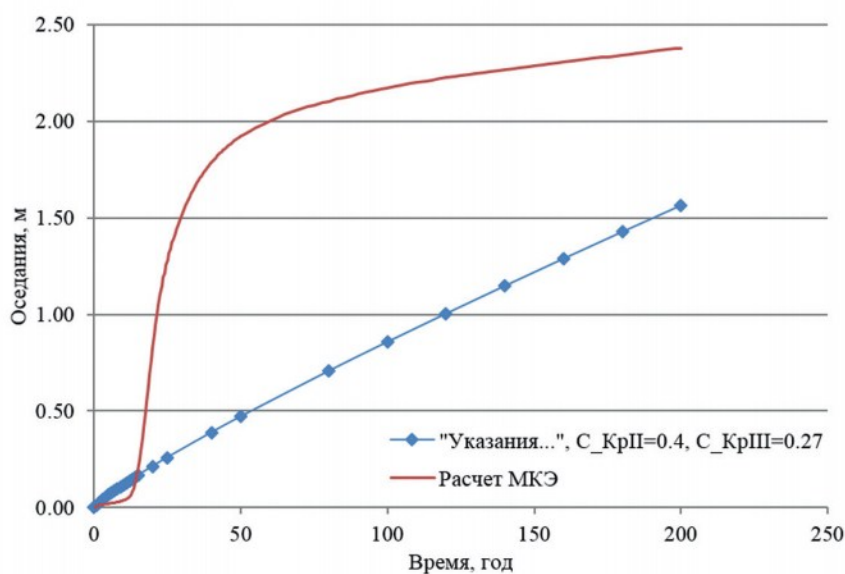


Рис. 5. Графики нарастания максимальных оседаний земной поверхности со временем, возникающих при отработке 2СВП (красная линия – расчет МКЭ при значениях физико-механических свойств, определенных по предложенному методу)

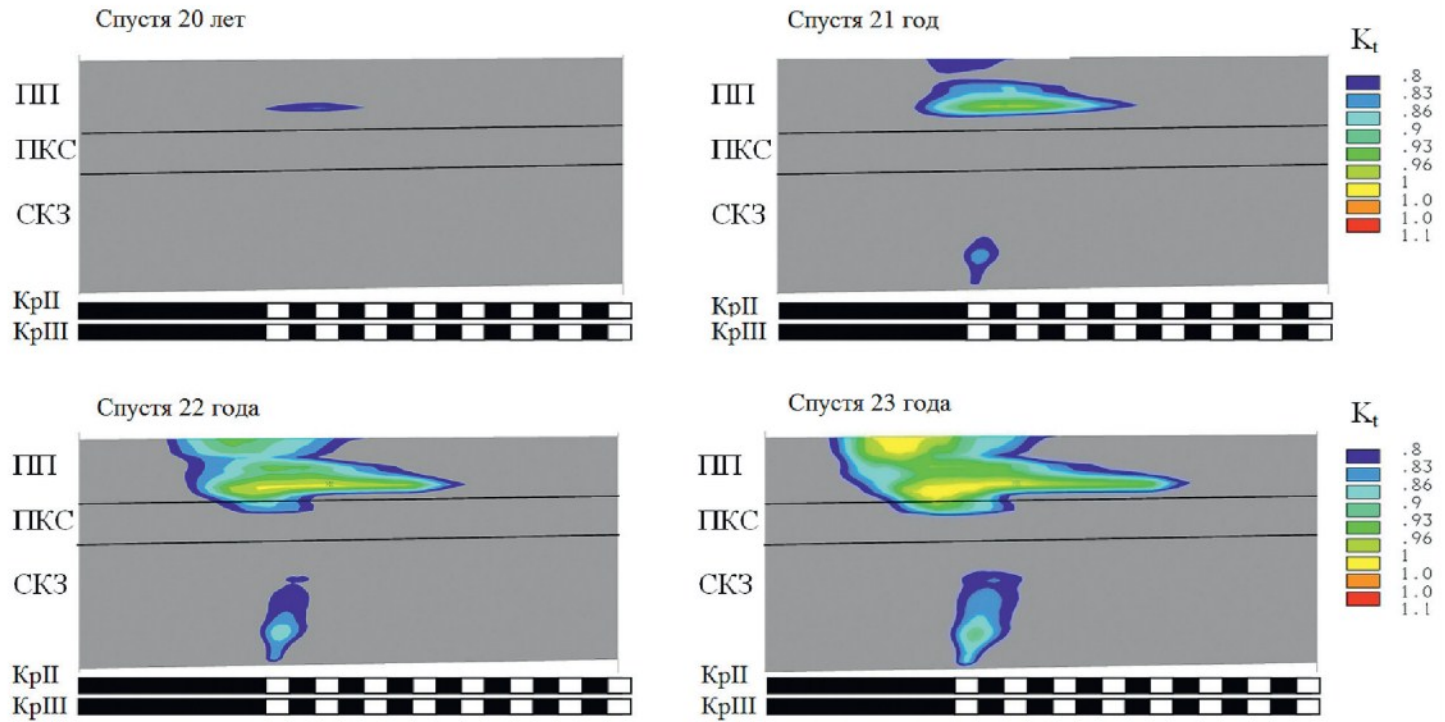


Рис. 6. Развитие зон разрушения в краевой части 2СВП со временем

где σ_F – длительная прочность на сжатие, МПа;
 φ_F – длительный угол внутреннего трения;
 p – среднее напряжение, МПа.

Для придания расчетам запаса надежности предполагается за критическое значение принимать $K_t > 0,8$.

На рис. 6 показано развитие зон разрушения в ВЗТ после отработки. Развитие деформаций в ВЗТ наступает только через 20 лет после отработки панели. Однако в последующие годы процесс приобретает лавинообразный характер. В течение 3 лет зона разрушения интенсивно развивается, затем она стабилизируется и в последующие годы практически не растет. Таким образом, наиболее опасная ситуация может возникнуть через 23–24 года после отработки запасов данной панели. В целом это соответствует графику развития оседаний, представленному на рис. 5. Расчеты показали, что сохранность ВЗТ при отработке панели 2СВП обеспечивается только слоем ПКС и слоем И-К.

На рис. 6 приняты следующие обозначения: ПП, ПКС, СКЗ – зоны в ВЗТ, а КрII, КрIII – обрабатываемые пласты.

Таким образом, вопрос о том, насколько опасны для рудника ослабленные зоны в ВЗТ или калийных пластах, остается открытым. С одной стороны, привычно мнение о том, что причиной затопления является наличие ослабленной зоны в ВЗТ. Однако ослабленные

зоны в калийных пластах, как показывают расчеты, приводят к резкому росту оседаний за счет более высокой степени нагружения целиков и к последующему возможному разрушению пород ВЗТ. С другой стороны, слабые прочностные свойства пород ВЗТ могут обусловить возникновение водопроводящих трещин даже при малой степени нагружения целиков.

Заключение

По результатам обработки материалов акустического каротажа скважин, сейсмички 3D и испытаний образцов была построена геолого-геомеханическая модель ВЗТ и продуктивных калийных пластов одного из участков (части Палашерского участка) Верхнекамского калийного месторождения.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что должно быть комплексное решение вопроса, основанное как на надежной геомеханической модели деформирования и разрушения пород ВЗТ и калийных пластов, учитывающей многообразие прочностных и деформационных свойств массива, так и на комплексе геолого-геофизических исследований, которые позволяют в совокупности с методами геомеханики выделять зоны с различными прочностными свойствами в калийных пластах и породах ВЗТ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение калийных солей. Пермь, ГИ УрО РАН, 2001, 429 с.
2. Кашников Ю. А., Гладышев С. В. и др. Геолого-геомеханическая модель Астраханского газоконденсатного месторождения // Газовая промышленность. 2012. № 3. С. 29–33.
3. Шустов Д. В., Кашников Ю. А. Разработка геолого-геомеханической модели участка Юрубчено-Тохомского месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений». 2015. № 4. С. 26–31.
4. Zoback M. D. Reservoir Geomechanics. Cambridge: University Press, 2007. P. 449.
5. Sone H., Zoback M. D. Mechanical properties of shale-gas reservoir rocks. Part 1: Static and dynamic elastic properties and anisotropy // Geophysics. Vol. 78. No. 5 (September-October 2013). P. D381-D392.
6. Improved correlation between the static and dynamic elastic modulus of different types of rocks /

- V. Brotons, R. Tomás, S. Ivorra, A. Grediaga, J. Martínez-Martínez, D. Benavente, M. Gómez-Heras // Materials and Structures. 2016. August. Vol. 49. Issue 8. P. 3021–3037.
7. Wittke W. Tunnelstatik. Verlag Glueckauf GmbH. Essen. 1999. P. 408.
8. Doering T., Kiehl J. R. Das primaeren, sekundaeren und tertiaeren Kriechen von Steinsalz – ein dreidimensionales rheologes Stoffgesetz // Geotechnik. No. 3. 1996. P. 194–199.
9. Ермашов А. О., Кашников Ю. А. Использование реологической модели деформирования соляных пород для прогноза оседаний земной поверхности при отработке соляных пластов // Маркшейдерия и недропользование. 2015. № 4. С. 34–37.
10. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Палашерского и Балахоцевского участков Верхнекамского месторождения калийных солей (Технологический регламент). Москва, 2009.

REFERENCES

1. Kudryashov A. I. Verkhnekamskoye potash salt deposit. Perm. GI UB RAS. 2001. 429 p.
2. Kashnikov Yu. A., Gladyshev S. V. et al. Geological and geomechanical model of the Astrakhan gas-condensate field. *The gas industry*. 2012. No. 3. pp. 29–33.
3. Shustov D. V., Kashnikov Yu. A. Development of a geological and geomechanical model of the Yurubcheno-Tokhomskoye field. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2015. No. 4. pp. 26–31.
4. Zoback M. D. *Reservoir Geomechanics*. Cambridge: University Press, 2007. p. 449.
5. Sone H., Zoback M. D. Mechanical properties of shale-gas reservoir rocks. Part 1: Static and dynamic elastic properties and anisotropy. *Geophysics*. Vol. 78. No. 5 (September-October 2013). pp. D381–D392.
6. Improved correlation of different types of rocks. V. Brotons, R. Tomás, S. Ivorra, A. Grediaga, J. Martínez-

- Martínez, D. Benavente, M. Gómez-Heras. *Materials and Structures*. 2016. August. Vol. 49. Issue 8. pp. 3021–3037.
7. Wittke W. *Tunnelstatik*. Verlag Glueckauf GmbH. Essen. 1999. p. 408.
8. Doering T., Kiehl J. R. Das primaeren, sekundaeren und tertiaeren Kriechen von Steinsalz – ein dreidimensionales rheologes Stoffgesetz. *Geotechnik*. No. 3. 1996. pp. 194–199.
9. Ermashov A. O., Kashnikov Yu. A. Using the rheological model of deformation of salt rocks to predict the subsidence of the earth's surface during mining of salt layers. *Mine surveying and subsoil use*. 2015. No 4. pp. 34–37.
10. Guidelines for the protection of mines from flooding and the protection of underworked facilities in the Palashersky and Balakhocevsky areas of the Verkhnekamskoye potassium salt deposit (Technological regulations). Moscow, 2009.

Кашников Юрий Александрович, д-р техн. наук, профессор,
тел. +7 (342) 219-80-88;

Ермашов Алексей Олегович, канд. техн. наук, ведущий инженер,
тел. +7 (342) 219-80-59;

Шустов Денис Владимирович, доцент, канд. техн. наук, ведущий инженер,
тел. +7 (342) 219-80-59;

Лебедева Олеся Олеговна, инженер, тел. +7 (342) 219-80-59,
e-mail: lesli.lebedeva@gmail.com

(кафедра маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем,
Пермский национальный исследовательский политехнический
университет)

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЙ ПОДРАБАТЫВАЕМОГО ГОРНОГО МАССИВА

Приводится краткий анализ основных методов исследования процесса сдвижения горных пород. На основе экспериментальных исследований, проведенных на наблюдательных станциях, оборудованных в горных выработках и на земной поверхности угольных шахт, определены основные параметры распределения вертикальных сдвижений горного массива в различных зонах области влияния очистной выработки и предложена схема, которая может быть положена в основу методики их прогноза.

Ключевые слова: подземная разработка месторождений; горный массив; вертикальные сдвижения; экспериментальные исследования; анализ и обобщение; схема сдвижения.

S. B. Kulibaba

FIELD OBSERVATIONS OF THE VERTICAL DISPLACEMENT OF UNDERMINED MASSIF

A brief analysis of the main methods of research the rock movement process is given. Based on the experimental studies conducted on observation stations equipped in mine workings and on the earth's surface of coal mines, the main parameters of the distribution of vertical displacements of the rock massif in different zones of the influence area of the mine workings are determined, and a scheme is proposed that can be the basis for the methodology of their prediction.

Keywords: underground mining; the rock massif; vertical movements; field research; analysis and synthesis; movement scheme.

Подземная разработка пластовых месторождений полезных ископаемых происходит, как правило, в нисходящем порядке, поэтому увеличение глубины ведения горных работ является одной из основных тенденций этого процесса. Так, за последние десятилетия среднее значение этого параметра в основных угольных бассейнах РФ ежегодно увеличивается на 10–40 м. Поскольку глубина разработки угольных пластов является одним из важнейших факторов, влияющих на изменение напряженно-деформированного состояния подрабатываемого горного массива, существующие методики прогноза постепенно теряют свою достоверность и требуют постоянного совершенствования.

Вертикальные сдвижения и деформации массива горных пород и земной поверхности, возникающие над очистными выработками, влияют на состояние подрабатываемых объектов – зданий, сооружений, природных объектов, подземных горных выработок и

коммуникаций. Кроме того, степень их концентрации на том или ином участке подрабатываемого массива во многом определяет риск возникновения и уровень проявления различных динамических явлений в шахтах. Поэтому установление новых закономерностей процесса сдвижения горного массива в условиях увеличения глубины разработки угольных пластов является актуальной научно-практической задачей.

К основным современным методам исследования параметров процесса сдвижения массива горных пород и земной поверхности относятся теоретический, эмпирический и метод численного моделирования.

В основе теоретического метода обычно лежат известные математические модели, в которых принимается ряд упрощающих допущений относительно строения породного массива и его деформационных свойств. Массив, как правило, рассматривается либо в виде сплошной изотропной среды, дефор-

мирующей как единое целое, либо в виде дискретной среды, состоящей из множества несвязанных между собой блоков. При этом в основу того или иного метода расчета кладутся различные модели породного массива, в зависимости от реальных условий разработки месторождений. Так, в условиях ненарушенного породного массива обычно принимается упругая модель; при неоднородном массиве, разбитом трещинами и поверхностями скольжения, – неупругая; при однородном массиве, нарушенном одиночными дизъюнктивами, – трансверсально-изотропная [1, 2]; в условиях многократно подрабатываемого и сильно трещиноватого массива – стохастическая [3]. В основе этих методов часто лежат аналогии с хорошо изученными физическими явлениями, близкими по своему проявлению к процессу сдвижения (например, диффузии газов или теплопроводности).

Эмпирический метод исследований основан на применении эмпирических зависимостей, параметры которых устанавливаются в результате анализа и обобщения экспериментальных данных лабораторных и натуральных наблюдений за процессом сдвижения горных пород [4]. При этом подходе не существует единой методики прогноза для всей толщи горных пород, расчеты сдвижений и деформаций осуществляются в пределах различных зон, на которые условно делится вся область влияния очистной выработки.

Одним из наиболее распространенных методов численного моделирования сдвижений и деформаций массива горных пород и земной поверхности является метод конечных элементов (МКЭ), основная концепция которого заключается в аппроксимации искомой непрерывной величины (перемещения точек деформируемого массива) набором простейших функций [5]. С помощью такой процедуры интегрирование дифференциальных уравнений в аналитической постановке задачи сводится к решению системы линейных уравнений [6]. Результатом расчетов являются перемещения точек массива горных пород и земной поверхности, от которых осуществляется переход к деформациям исследуемых объектов.

Эффективность того или иного метода в конечном итоге определяется точностью прогноза сдвижений и деформаций горного массива, осу-

ществляемого по соответствующей методике, разработанной на основе проведенных исследований. Основным способом, дающим достоверную оценку этой точности, является сравнение прогнозных величин с фактическими, поэтому наибольшую ценность в этом аспекте представляют собой экспериментальные исследования сдвижения массива горных пород, основанные на анализе результатов натуральных наблюдений. И если для земной поверхности имеется достаточно большое количество экспериментальных данных, то число натуральных исследований в подземных горных выработках, дающих возможность установить пространственное перемещение горных пород всего подрабатываемого массива, весьма ограничено.

Рассмотрим некоторые результаты натуральных экспериментов, полученных на нескольких десятках наблюдательных станций, оборудованных в горных выработках и на земной поверхности угольных шахт, позволяющие описать характер вертикальных сдвижений подрабатываемого горного массива в различных зонах области влияния очистной выработки.

Опыт показывает, что при прогнозе вертикальных сдвижений и деформаций в каждом из главных сечений мульды сдвижения подрабатываемого горного массива можно условно выделить две области – полной и неполной подработки, первая из которых, в свою очередь, включает в себя зону полных сдвижений и зоны перегибов, а вторая – зону неполных сдвижений [7].

Ключевую роль в формировании общей картины сдвижения породной толщи над выработанным пространством играет зона полных сдвижений (зона 1 на рис. 1–3). Анализ результатов натуральных исследований позволил подтвердить следующие известные положения:

- направление векторов сдвижения внутри этой зоны нормально к напластованию;
- породные слои внутри зоны полных сдвижений смещаются параллельно своему первоначальному положению, занимаемому ими до подработки;
- сдвиги внутри этой зоны превышают сдвиги в любой точке области массива, подработанного рассматриваемой очистной выработкой;

– выход этой зоны на земную поверхность при известных соотношениях размеров выработанного пространства, средней глубины разработки и угла падения пласта вызывает образование «плоского дна» в мульде сдвига, что является признаком полной подработки земной поверхности.

Кроме того, нами были экспериментально определены новые характеристики этой зоны – форма ее верхних границ [8] и распределение величины относительного оседания массива внутри этих границ [9]. Так, на основе анализа натуральных экспериментов установле-

но, что на вертикальном разрезе вкострости границы зоны полных сдвижений в подрабатываемом массиве горных пород над очистной выработкой имеют криволинейную форму, слабоогнутую внутрь выработанного пространства, которые в верхней своей части приближаются к положению, определяемому углами полных сдвижений согласно [10]. Также установлено, что относительная величина вектора сдвига внутри этой зоны является переменной, зависящей от величины меньшего из двух размеров выработанного пространства в главных сечениях мульды сдвига:

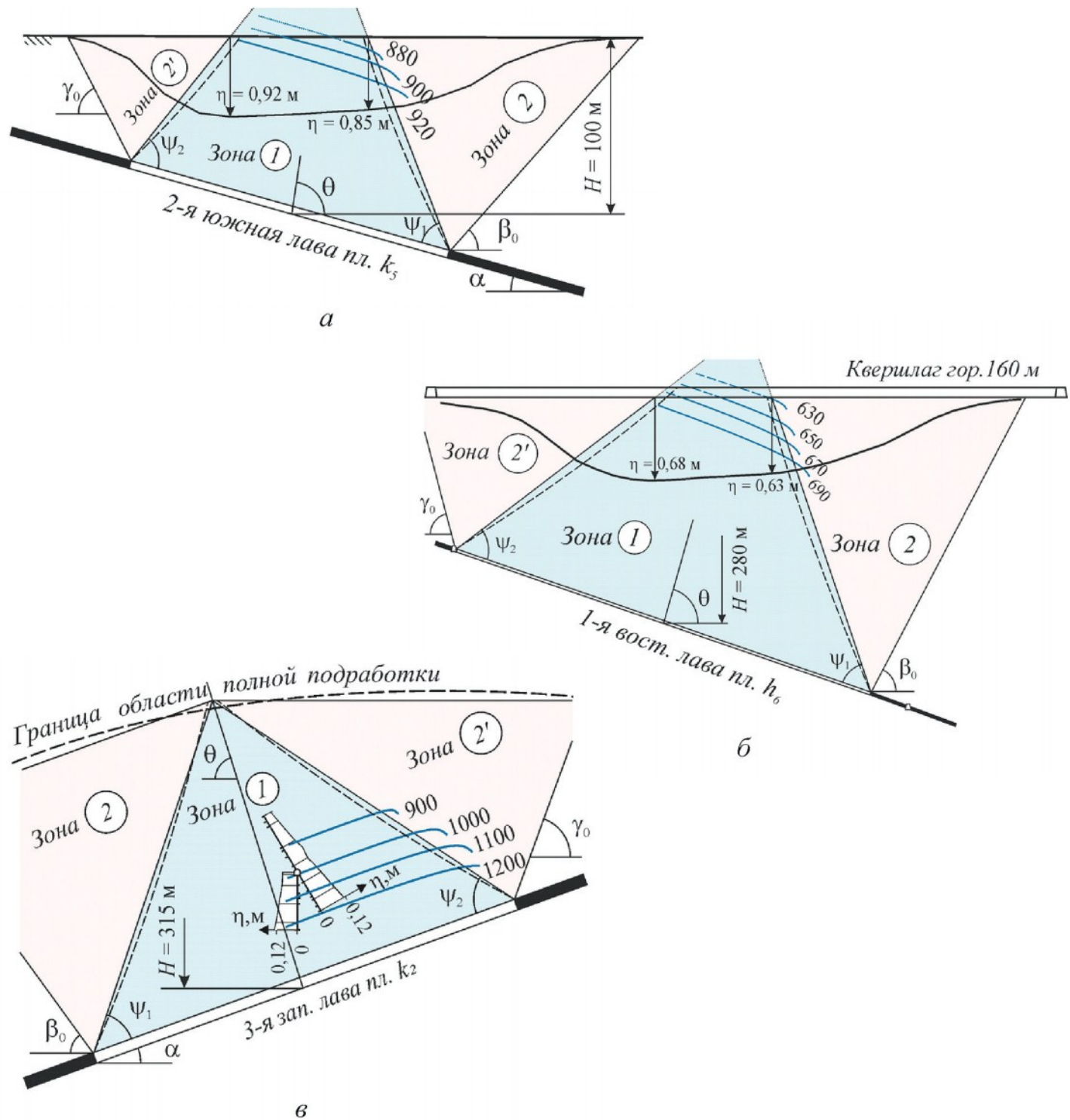


Рис. 1. Изолинии равных оседаний массива (мм) в зоне полных сдвижений (1) в условиях шахт: а – «Родинская», б – «Заря», в – «Волынская-Комсомольская»

$$q_{\pi} = a_0 + a_1 \ln(\sqrt{n_{1(2)}} + a_2), \quad (1)$$

где q_{π} – относительное оседание массива в зоне полных сдвижений; a_0 , a_1 и a_2 – эмпирические коэффициенты, значения которых зависят от физико-механических свойств горных пород; $n_{1(2)}$ – относительная удаленность расчетной точки подрабатываемого массива от разрабатываемого пласта по нормали к напластованию в зоне полных сдвижений в одном из двух главных сечений мульды сдвижения, на котором размер выработанного пространства минимален (1 – вкрест простирания пласта или 2 – по простиранию).

Вблизи угольного пласта значение q_{π} приближается к единице, а в верхней точке зоны полных сдвижений – к значению q_0 [10].

На рис. 1 приведены графики распределения оседаний горных пород в зоне полных сдвижений в условиях шахт Донбасса «Родинская», «Заря» и «Волынская-Комсомольская», полученные на натурных наблюдательных станциях, оборудованных соответственно на земной поверхности, в квершлагах и в сква-

жинах, пробуренных из штрека, где показаны изолинии равных оседаний внутри этой зоны. Криволинейные границы этой зоны на рисунках показаны пунктиром.

К зоне полных сдвижений с двух сторон по бокам примыкают две зоны перегибов (зоны 2 и 2' соответственно по падению и восстанию пласта), сдвигание породных слоев в которых происходит в форме перегиба с уменьшением оседаний при удалении от границы с зоной 1, где векторы их сдвижения максимальны и соответствуют величинам в зоне полных сдвижений для данного слоя, к внешним границам, где они равны нулю. Характер сдвижения массива в этих зонах виден из графиков оседания массива по осям подрабатываемых скважин и изолиний равных оседаний горных пород (рис. 2, а), которые получены в эксперименте, проведенном на шахте «9-Капитальная» (г. Донецк). Сверху эти зоны оконтурены границей области полной подработки, определенными с некоторым приближением прямыми, проведенными через вершину зоны 1: со стороны падения пласта – параллельной напластованию, со стороны восстания – горизонтальной (см. рис. 1, в) [7].

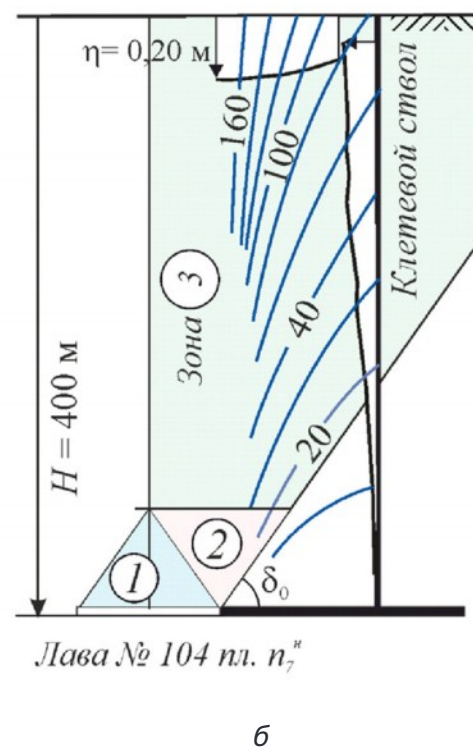
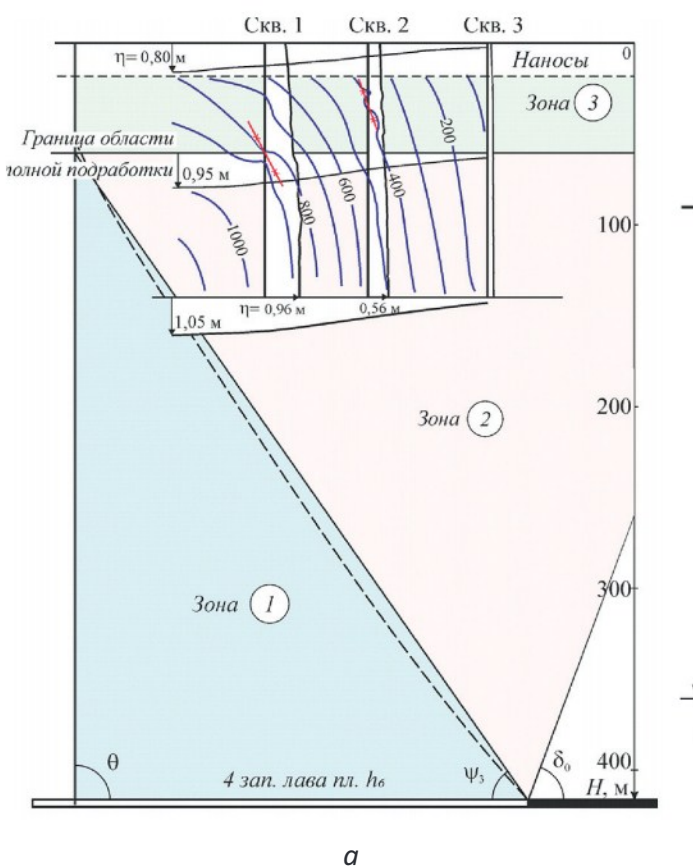


Рис. 2. Изолинии равных оседаний (мм) массива в зонах перегибов (2) и неполных сдвижений (3) в условиях шахт: а – «9-Капитальная» и б – «Бендюгская»

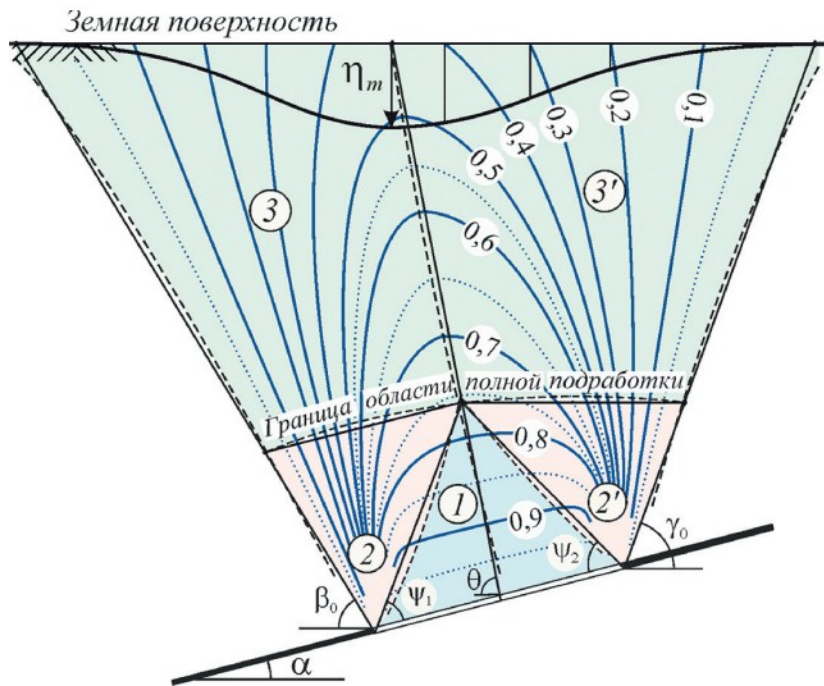


Рис. 3. Распределение изолиний равных оседаний в подрабатываемом горном массиве:
 1 – зона полных сдвижений;
 2 и 2' – зоны перегибов; 3 и 3' – зоны неполных сдвижений

Область неполной подработки располагается над областью полной подработки и включает в себя две зоны неполных сдвижений – по падению и по восстанию пласта (зоны 3 и 3' на рис. 2 и 3). Верхней ее границей является земная поверхность, а боковыми – границы области влияния очистной выработки в массиве, описываемые с определенной степенью точности прямыми, проведенными под граничными углами β_0 , γ_0 и δ_0 к горизонту из крайних точек очистной выработки в главных сечениях мульды сдвижения. Характер сдвижения горных пород в каждой полумульде этой области такой же, как и в зоне перегибов 2, однако максимальные величины сдвижения слоев всегда меньше, чем в зоне 1, что обусловлено все большим зависанием верхних породных слоев над нижними при удалении вверх от области полной подработки. Максимальное оседание земной поверхности η_m в области неполной подработки соответствует величине, расчет которой регламентирован действующей методикой [10]:

$$\eta_m = q_0 m \cos(\alpha) N_1 N_2, \quad (2)$$

где q_0 – относительное максимальное оседание; m и α – соответственно вынимаемая мощность и угол падения разрабатываемого пласта; N_1 и N_2 – коэффициенты подработанности земной поверхности соответственно на разрезах вкрест и по простиранию.

Характер сдвижения массива в зонах неполных сдвижений описан графиками осе-

даний земной поверхности и горного массива по оси подрабатываемого клетцевого ствола и изолиниями равных оседаний, полученных по результатам наблюдений на шахтах «9-Капитальная» и «Бендюгская» [11], – уменьшение величин оседаний при удалении как от границы полной подработки к земной поверхности, так и от линии максимальных оседаний к периферии области влияния очистной выработки (см. рис. 2).

Таким образом, основываясь на анализе натуральных экспериментальных данных, можно предложить обобщенную схему распределения вертикальных сдвижений подрабатываемого горного массива, которая в общем виде показана на вертикальном разрезе вкрест простирания разрабатываемого пласта (рис. 3). Изолиниями, выраженными в долях от вынимаемой мощности пласта, здесь обозначено положение равных оседаний массива горных пород над очистной выработкой.

Следует отметить, что в данной схеме рассмотрены не все известные зоны области влияния очистной выработки над разрабатываемым пластом. Во-первых, здесь не представлена относительно небольшая по мощности зона беспорядочного обрушения, образующаяся над выработанным пространством вследствие обрушения пород непосредственной кровли пласта, отслоившихся от основной кровли. Горные породы в ее пределах испытывают, как правило, большие деформации вертикального растяжения, от-

личающиеся высокой дискретностью, вследствие чего трудно прогнозируемы. Во-вторых, в предлагаемой схеме не приведены зоны опорного давления, локализующиеся в районах опорных участков разрабатываемого пласта по периметру выработанного пространства, где расчет сдвига основан на иных

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fan Z. Grundlage und Modelirung der Boundary-Elemente Methode fuer die Anwendung in der Bergschadenkunde // *Das Markscheidewessen*. 1998. 105. № 2. P. 179–185.
2. Петрушин А. Г. Сдвигения и деформации земной поверхности при подработке тектонических нарушений пологими угольными пластами: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.01. – Донецк: ДонНТУ, 2003. 203 с.
3. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. М.: Недра, 1978. 494 с.
4. Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / А. Г. Акимов, В. Н. Земисев, Н. Н. Кацнельсон и др. М.: Недра, 1970. 224 с.
5. Гавриленко Ю. Н., Петрушин А. Г. Численное моделирование процессов сдвига массива горных пород и земной поверхности методом конечных элементов в объемной постановке // Физико-технические проблемы горного производства. Донецк: ДонФТИ, 2001. № 3. С. 12–25.
6. Амусин Б. З., Фадеев А. Б. Метод конечных

REFERENCES

1. Fan Z. Grundlage und Modelirung der Boundary-Elemente Methode fuer die Anwendung in der Bergschadenkunde. *Das Markscheidewessen*. 1998. 105. No. 2. pp. 179–185.
2. Petrushin A. G. *Movements and deformations of the earth's surface during the undermining of tectonic disturbances by gentle coal seams*: Dis. ... Cand. of Tech. Sciences: 05.15.01. DonNTU. Donetsk, 2003. 203 p.
3. Kratzsch H. *Moving rocks and protecting underworked structures*. M.: Nedra, 1978. 494 p.
4. *The rocks movements during the underground mining of coal and shale deposits*. A. G. Akimov, V. N. Zemisev, N. N. Katsnelson et al. M.: Nedra, 1970. 224 p.
5. Gavrilenko Yu. N., Petrushin A. G. Numerical modeling of the movement process of the rock mass and the earth's surface by the finite element method in a volumetric formulation. *Physical and Technical Problems of the Mining*. Donetsk: DonFTI. 2001. № 3. pp. 12–25.

закономерностях с учетом дополнительных факторов.

Предложенная схема может быть положена в основу методики прогноза вертикальных сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности над разрабатываемым угольным пластом.

элементов при решении задач горной геомеханики. М.: Недра, 1975. 192 с.

7. Кулибаба С. Б., Рожко М. Д. Границы зон области сдвига массива в расчетных схемах // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Донецьк: УкрНДМІ НАН України. 2014. № 14. С. 128–135.
8. Кулибаба С. Б. Положение границ зоны полных сдвижений в массиве над выработанным пространством // *Маркшейдерия и недропользование*. 2018. № 4 (96). С. 31–33.
9. Кулибаба С. Б., Рожко М. Д., Крижановская Л. Н. Особенности оседания горного массива над выработанным пространством угольного пласта // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Донецьк: УкрНДМІ НАН України. 2015. № 15. С. 39–44.
10. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. СПб.: ВНИМИ, 1998. 291 с.
11. Кулибаба С. Б., Голдин С. В., Вугерничек В. М., Бойчун В. В. Отработка околоствольных целиков во Львовско-Волинском угольном бассейне // *Уголь Украины*. 2006. № 10. С. 3–5.

6. Amusin B. Z., Fadeev A. B. *The finite element method for solving problems of mining geomechanics*. M.: Nedra, 1975. 192 p.

7. Kulibaba S. B., Rozhko M. D. Boundaries of the rock movement zones in computational schemes. *Transactions of UkrNIMI NAN Ukraine*. 2014. № 14. pp. 128–135.
8. Kulibaba S. B. The position of the boundaries of the zone of total displacement in the rock above the mined-out space. *Mine surveying and subsurface use*. 2018. No. 4 (96). pp. 31–33.
9. Kulibaba S. B., Rozhko M. D., Krizhanovskaya L. N. Rock mass subsidence above the mined coal seam area. *Transactions of UkrNIMI NAN Ukraine*. 2015. № 15. pp. 39–44.
10. Protection rules of structures and natural objects from the harmful effects of underground mining on coal deposits. Saint-Petersburg: VNIMI, 1998.
11. Kulibaba S. B., Goldin S. V., Vugernichek V. M., Boichun V. V. Recovery of shaft safety pillars in the Lvov-Volyn coal basin. *Coal of Ukraine*. 2006. № 10. pp. 3–5.

Кулибаба Сергей Борисович, д-р техн. наук, профессор, вед. науч. сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н. В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), тел. +7 (495) 360-49-04, e-mail: ksb52@mail.ru

А. В. Монтиков, Э. Н. Работа, В. Г. Гореликов, Л. А. Басова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ УГЛЯ И ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ВОДО- И ГАЗОНАСЫЩЕНИЯ

Рассмотрены методы и технические средства для исследований влияния газо- и водонасыщения на реологические свойства углей и вмещающих пород. На основе проведенного анализа предложена установка для исследования влияния насыщения метаном на реологические свойства углей и горных пород. В качестве примера приведены компьютерные исследования по определению потенциальных зон обрушения пород и угля в результате их водонасыщения.

Ключевые слова: уголь; порода; горная выработка; газонасыщение; водонасыщение; деформация; напряжение, ползучесть; внезапное обрушение; экспериментальная установка; компьютерное моделирование.

A. V. Montikov, E. N. Rabota, V. G. Gorelikov, L. A. Basova

THE STUDY OF THE CREEP OF COAL AND ROCKS IN TERMS OF GAS AND WATER SATURATION

Methods and technical means for studying the effect of gas and water saturation on geological properties of coal and host rocks are considered. Based on the analysis carried out, an installation was proposed to study the effect of methane saturation on the geological properties of coal and rocks. Computer studies to determine potential rock and coal fall surrounding areas as a result of their water saturation are given as an example.

Keywords: coal; rock; excavation; gas saturation; water saturation; deformation; tension; creep; sudden fall; experimental installation; computer modelling.

Внезапные обрушения угля и вмещающих пород в процессе отработки угольных пластов приводят к повреждениям крепи и шахтного оборудования, нарушению технологического цикла выемки угля, травмированию персонала.

Этому динамическому явлению предшествуют временные процессы в кристаллических решетках минералов, которые снижают энергетический барьер разрушения связей. Они приводят к структурным преобразованиям среды (дезинтеграции), изменению ее напряженного состояния и прочностных свойств (разупрочнению) [1–3]. Эти процессы являются необходимым условием для внезапных обрушений. По прочностным параметрам их изменения могут быть недостаточными для обеспечения этого динамического явления.

Однако в результате происходящих дезинтеграционных процессов приконтурные к выработке породы и уголь могут насыщаться кислородом, что приводит к их окислению и охрупчиванию. В этих условиях, а также и

при водонасыщении эффект ползучести пород ускоряется [4–6].

Поэтому задача о внезапном обрушении угля и пород в условиях водо- и газонасыщения дополнительно охватывает следующие основные стадии процесса: первая – изучить параметры ползучести насыщенного метаном угля, т. е. без учета влияния кислорода, и вторая – с учетом дополнительного охрупчивания угля и пород за счет окисления кислородом.

Для решения первой задачи разработана комплексная установка для испытаний образцов углей и пород на ползучесть в атмосфере метана.

Установка состоит из обоймы 1 с двумя внешними и одним центральным 2 отверстием, в котором винтом закреплен индикатор часового типа 3 (рис. 1).

В обойму 1 на упоры 7 вставляется образец 6 в виде балочки, который нагружается с помощью пакета упругих пластинчатых пружин 4. Усилие нагружения образца регулируется

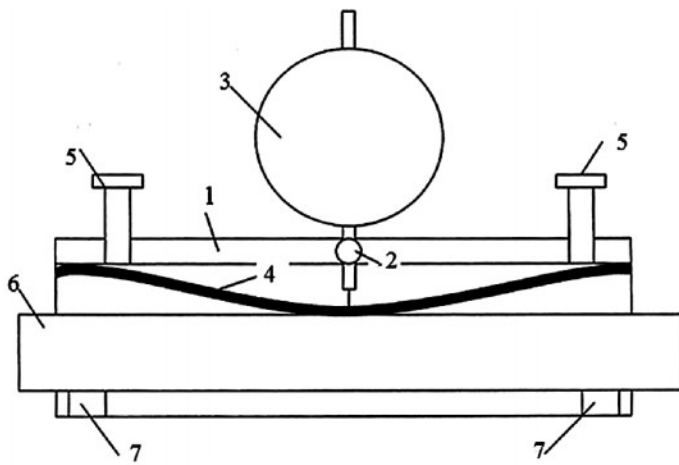


Рис. 1. Устройство для испытаний на ползучесть: 1 – обойма; 2 – центральное отверстие с винтом; 3 – индикатор; 4 – пакет пластинчатых пружин; 5 – регулировочный винт; 6 – испытуемый образец; 7 – упоры

количеством пластин и величиной их прогиба с помощью регулировочных винтов 5. Усилие нагружения определяется путем тарировки пластинчатых пружин, прогиб которых прямо пропорционален величине нагрузки. Величина прогиба образца 6 под действием ползучести определяется по показаниям индикатора 3 с точностью 0,001 мм.

Вначале испытывают прочность образца на изгиб. После этого образцы испытывают на ползучесть путем приложения нагрузки, составляющей 0,5–0,6 от прочности на изгиб. Такой уровень нагрузки обеспечивает заметную скорость ползучести, но еще не приводит к прогрессирующему разрушению образца. Выбор уровня нагрузки в данном случае очень важен, поскольку необходимо сравнить скорость ползучести в атмосфере воздуха и в атмосфере метана. Для этого нужно иметь запас прочности образца, поскольку при изменении атмосферы, в которой осуществляются испытания, скорость прямой ползучести, скорее всего, изменится. Об этом можно судить по косвенным испытаниям деформаций последствия и установленному эффекту снижения прочности пород при насыщении их метаном.

Винтами и количеством пластинчатых пружин настраивают усилие изгиба образца таким образом, чтобы скорость ползучести была заметной, устойчивой и регистрировалась индикатором часового типа. Усилие нагружения образца является функцией, зависящей от его реологических показателей, а также распределения микродефектов.

Необходимая оптимальная величина усилия для получения устойчивой скорости ползучести, равной 0,01–0,001 мк/мин, подбирается опытным путем, что приводит к излишним потерям образцов. Для устранения этого недостатка применен экспериментально-аналитический способ, базирующийся на положениях В. Н. Быковского [7].

При изгибе бруска из угля или породы проявление текучести в поперечных сечениях в момент достижения предельного значения делит это сечение на две зоны, соответствующие отмеченным выше двум группам процесса деформирования – сжатия и растяжения. Граница раздела между зонами во времени будет снижаться от средней линии бруса в сторону внешнего контура бруса, испытывающего растяжение. В эпюре нормальных напряжений по высоте сечения степень изменения ее кривизны изменяется и зависит от времени действия нагрузки, в частности от скорости нагружения. Максимальные значения напряжений сжатия и растяжения будут иметь место на верхней и нижней границах сечения. С увеличением времени или снижением скорости нагружения v_{σ} в большей степени будет проявляться релаксация напряжений в сжатой зоне (рис. 2).

Предельные значения теоретических напряжений сжатия ($\sigma_{сж}$) и растяжения ($\sigma_{р}$) соответствуют пределу текучести. При этом в процессе ползучести зона сжатия развивает-

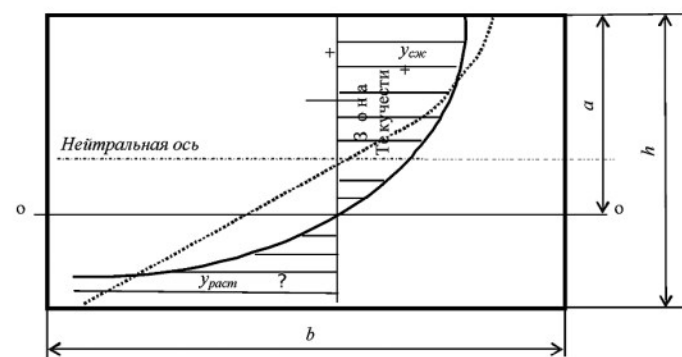


Рис. 2. Схема развития текучести в поперечном сечении бруска из неоднородной породы (угля) при его изгибе от кромок сечения: – эпюра нормальных напряжений («+» сжатия, «-» растяжения) при появлении пластических деформаций в зоне сжатия; – эпюра нормальных напряжений при развитии зоны текучести в области сжатия; b, h – размеры угольного бруска; a – глубина зоны сжатия

ся на некоторую глубину a от верхней кромки. Для ее нахождения введем безразмерный параметр $\xi = a/h$ и используем теоретические положения работы [7]. Тогда абсолютные значения напряжений можно получить из уравнения (1), равенства приложенного изгибающего момента M моменту внутренних сил (2) и коэффициентов A, k, ψ , – определяемые из эксперимента

$$A\xi - \sigma_{сж} / k - 0,5\sigma_p(1 - \xi) = 0, \quad (1)$$

$$M = A\alpha b h^2, \quad (2)$$

$$k = k_{max} / (1 + \psi v_\sigma), \quad (3)$$

$$\xi - (1 - e^{-k\xi}) / k = 0,5k(1 - \xi^2), \quad (4)$$

$$\mu = \sigma_p / \sigma_{сж} = k(1 - \xi) / (1 - e^{-k\xi}), \quad (5)$$

$$\alpha = \{0,5\xi^2 + 0,33k(1 - \xi)^3 - k^{-2}[1 - (1 - k\xi)e^{-k\xi}]\}, \quad (6)$$

где v_σ – скорость нагружения образца.

В зависимостях (1) – (6) коэффициент k приобретает максимально возможное значение k_{max} , имеющее место при скорости нагружения образца $v_\sigma \rightarrow 0$. Величину k_{max} определяют экспериментально для конкретной породы (марки угля) при медленном нагружении образца. Коэффициент пропорциональности ψ также определяют экспериментально для конкретной породы. Следовательно, достаточно провести только два экспериментальных испытания для определения двух констант k и ψ . Таким образом, определяя по формуле (3) для данной скорости нагружения v_σ значение k из уравнения (4), найдется значение параметра ξ , а тем самым значение параметра a . По формулам (5) и (2), после подстановки в них значений ξ и k , будут найдены параметры μ и A .

В результате по формуле (1) будет найдено абсолютное значение сжимающего напряжения $\sigma_{сж}$, соответствующее заданной скорости нагружения v_σ . При мгновенном нагружении $v_\sigma \rightarrow \infty, k \rightarrow 0$ эпюра нормальных напряжений будет линейная [2].

После настройки усилия и скорости ползучести устройство осторожно, чтобы не встряхнуть, помещают в установку для проведения эксперимента.

Экспериментальная установка состояла из следующих частей (рис. 3).

Устройство 4, с расположенным в нем образцом угля 5 помещено в вакуумный эксикатор 3, имеющий клапан 2 и впускной патрубок 1.

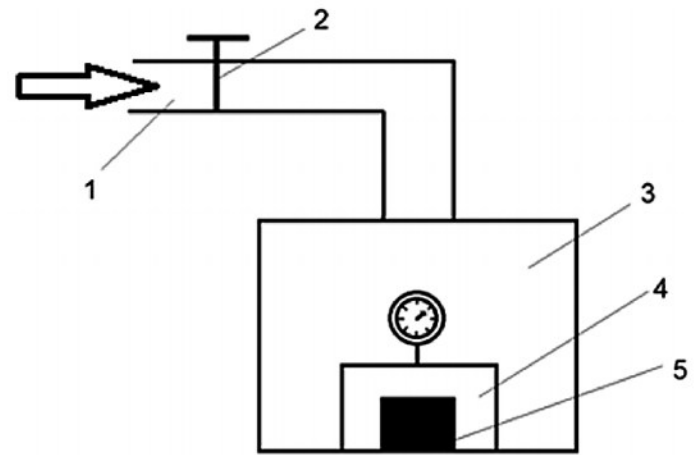


Рис. 3. Экспериментальная установка: 1 – патрубок; 2 – клапан; 3 – вакуумный эксикатор; 4 – устройство для испытаний на ползучесть; 5 – образец угля

Выходной патрубок и клапан соединены через вакуумный манометр и обратный предохранительный клапан с вакуумным водоструйным насосом (на рис. 3 не показаны). Насос подключается к водопроводному крану.

Установка работает следующим образом. Включают водопроводный кран и пускают воду через вакуумный насос. Затем открывают клапаны и начинают откачивать воздух из вакуумного эксикатора 2. Падение давления в эксикаторе контролируют вакуумным манометром. После достижения необходимой степени вакуума впускают метан из специального баллона или природный газ из магистральной сети через патрубок 1.

Направление потока метана показано стрелкой. После нагнетания метана или природного газа (большой объем которого представлен метаном и его гомологами) в вакуумный эксикатор молекулы метана занимают те активные центры и места, где раньше располагался кислород. Кислород увеличивает прочность связей и охрупчивает материал. Метан и его гомологи, наоборот, уменьшают поверхностную энергию и пластифицируют материал, что усиливает его реологические свойства. Именно поэтому ожидается увеличение скорости ползучести образцов, помещенных в эксикатор [6].

Таким образом, последовательность испытаний образцов на ползучесть следующая. Вначале в эксикаторе образец испытывается в течение нескольких десятков часов или нескольких суток на ползучесть в воздушной

атмосфере. По мере снятия замеров по показателям индикатора строится кривая ползучести. Снятие показателей индикатора осуществляется через прозрачное стекло стенок эксикатора. Первая стадия испытаний заканчивается при достижении режима устойчивой ползучести. Затем в эксикаторе создается вакуум, после чего впускается метан или его гомологи. При этом снятие показаний продолжается и осуществляется до момента, когда наступает динамическое равновесие, когда новая скорость ползучести стабилизируется. После завершения эксперимента результаты измерений прогиба образца во времени обрабатываются по соответствующей методике.

В качестве примера приведены компьютерные исследования по определению влияния воздействия напора воды затопленной шахты Баренцбургского месторождения применительно к определению потенциальных зон обрушения пород и угля после осушения затопленной 30-й южной лавы. Исследования проведены по методологии [3, 8] с учетом отмеченных выше особенностей изменения свойств угля и пород и при взаимодействии их с водой [4]. Нелинейный анализ напряженно деформированного состояния пород выполнен конечноэлементной программой.

В процессе затопления выработанного пространства вода заполнила все трещины и пустоты в угольном пласте, в приконтурных породах и междулавном целике с вытеснением из них свободного газа в незатопленные выработки и трещины за пределы зоны за-

топления в этих породах. Слои затопленных горных пород рассматриваются как безнапорная водосодержащая зона – зона аэрации. В результате контур затопленного выработанного пространства оказался подвергнутым воздействию, компенсирующему частично горное давление налегающей толщи.

В расчетных механических схемах принято, что связь воды с породами после затопления шахтных полей в основном обусловлена действием гравитационного поля для свободной воды. Действие связанной воды на породы исключено в силу незначительного напорного давления, малой мощности затопленных пород. В этом случае затопленная гравитационной водой порода дополнительно воспринимает гидростатическое давление (U_r).

Распределение эквивалентных напряжений в породах непосредственной кровли по линии максимального затопления представлены на рис. 4, 5. Эти напряжения характеризуют сложное напряженное состояние в породах кровли.

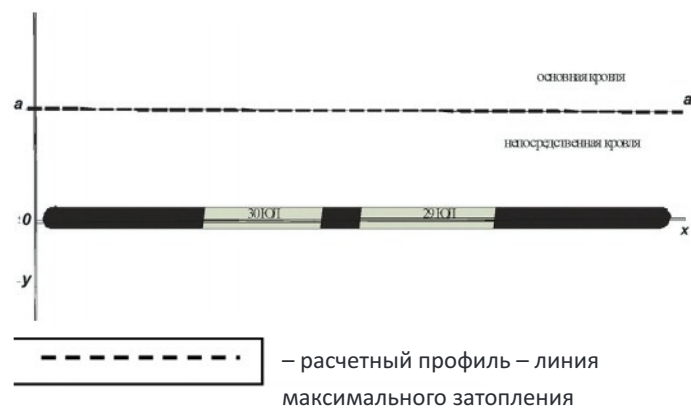


Рис. 4. Схема расположения расчетного профиля

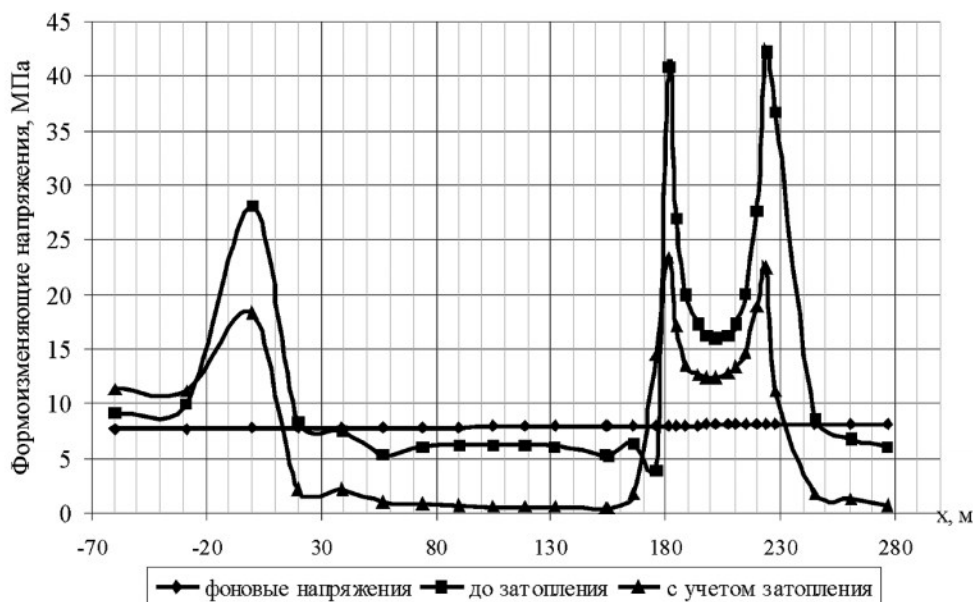


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений в породах непосредственной кровли по линии максимального затопления a – a

В энергетическом критерии предельного состояния этот параметр определяет удельную потенциальную энергию формоизменения в рассматриваемой точке. Из распределения напряжений по простиранию пласта следует, что их воздействие преимущественно затрагивает зоны техногенной нарушенности пород, подработанные породы непосредственной и основной кровли отработанных лав, краевые части угольного пласта и междулавыный целик.

С учетом результатов испытаний образцов угля и пород в сухом и водонасыщенном состоянии следует, что после воздействия воды на уголь и породы в результате снижения поверхностной энергии имело место резкое снижение их прочности. Уголь и породы непосредствен-

ной кровли, находившиеся в зоне и в условиях сложного напряженного состояния, снизили свои прочностные и упругие свойства, увеличилась их пластичность. Появились условия для длительной ползучести ослабленных пород,

Следует отметить, что для учета ползучести горных пород наибольшее распространение получила модель нелинейной наследственной ползучести с использованием разностного ядра Абеля. Эта модель вполне удовлетворительно описывает экспериментальные данные. Однако для осложненных массивов горных пород структурными дефектами и неоднородностями необходимо разработать новую модель и определять для нее по экспериментальным зависимостям $\varepsilon(t, \sigma)$ параметры ползучести.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ставрогин А. Н., Протосеня А. Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. М.: Недра, 1985. 224 с.
2. Ставрогин А. Н., Протосеня А. Г. Механика деформирования и разрушения горных пород. М.: Недра, 1992. 224 с.
3. Работа Э. Н., Рева В. Н. Условия разрушения горных пород при проведении горной выработки // Физика и механика разрушения горных пород применительно к горной геомеханике и сейсмологии: сб. тр. семинара. ВНИМИ, 7–9.09.1993. СПб., 1994. С. 99–106.
4. Одинцев В. Н., Гурьянов В. В. Влияние поровой воды на процесс трещинообразования в газонасыщенных угольных пластах // Горный информационно-

- аналитический бюллетень. М.: МГГУ. 2004. № 8. С. 101–105.
5. Глушко В. Т., Виноградов В. В. Реология горного массива. Киев: Наукова думка, 1981. 168 с.
6. Борисенко А. А. Диспергирование углей при внезапных выбросах. М.: Наука, 1985. 92 с.
7. Быковский В. Н. Сопротивление материалов во времени с учетом статистических факторов. М.: Госстройиздат, 1958. 150 с.
8. Работа Э. Н. Теоретические аспекты геомеханики и их использование в компьютерном моделировании геомеханических процессов при техногенных проявлениях горного давления. СПб.: ВНИМИ, 1999. С. 104–116.

REFERENCES

1. Stavrogin A. N., Protosenya A. G. *Rock strength and stability of excavations at great depths*. M.: Nedra, 1985. 224 p.
2. Stavrogin A. N., Protosenya A. G. *Mechanics of rock deformation and destruction*. M.: Nedra, 1992. 224 p.
3. Rabota E. N., Reva V. N. Conditions for rock destruction during excavation. *Physics and mechanics of rock destruction as applied to mining geomechanics and seismology*. VNIMI, 7–9.09.1993. SPb., 1994. pp. 99–106.
4. Odinsev V. N., Guryanov V. V. The effect of pore water on the process of cracking in gas-saturated coal seams.

- Mining information and analytical bulletin*. 2004. № 8. pp.101–105.
5. Glushko V. T., Vinogradov V. V. *Geological mining range*. Kiev: Naukova dumka, 1981. 168 p.
6. Borisenko A. A. *Coal dispersion at sudden outbursts*. M.: Nauka, 1985. 92 p.
7. Bykovskiy V. N. *Resistance of materials in time, taking into account statistical factors*. M.: Gosstroisdat, 1958. 150 p.
8. Rabota E. N. *Theoretical aspects of geomechanics and their use in computer simulation of geomechanical processes in man-made manifestations of rock pressure*. SPb.: VNIMI, 1999. pp. 104–116.

Монтиков Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры разведки месторождений полезных ископаемых, тел. +7 (812) 328-86-33, e-mail: amontikov@mail.ru;
Работа Эдуард Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры механики, тел. +7 (812) 328-82-22, e-mail: kaf_mech11@mail.ru;
Гореликов Владимир Георгиевич, д-р техн. наук, профессор кафедры механики, тел. +7 (812) 328-82-22, e-mail: kaf_mech11@mail.ru;
Басова Лидия Алексеевна, ассистент профессора, тел. +7 (812) 328-82-22, e-mail: kaf_mech11@mail.ru
 (Санкт-Петербургский горный университет)

МОНИТОРИНГ – ОСНОВА СНИЖЕНИЯ ГЕОРИСКА ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Основой для обоснования и последующего геомеханического и геотехнического обеспечения освоения подземного пространства городов служат данные мониторинга. Современный мониторинг немыслим без соответствующей приборной базы. Такая приборная база и инженеринговое сопровождение созданы в НИТУ «МИСиС» учеными кафедры «Строительство подземных сооружений и горных предприятий» и специалистами французской компании Telemac. В статье раскрываются основные аспекты формирования геомеханических и геотехнологических рисков при освоении подземного пространства городов и предлагаются меры по их минимизации на основе мониторинга и инженеринговых мероприятий.

Ключевые слова: подземное строительство; геориск; геомеханический мониторинг; инженеринг; геосистема.

E. Yu. Kulikova

MONITORING AS A BASIS FOR GEORISK REDUCTION AT THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE

Cornerstone for the substantiation, rock mechanical and geotechnical support for the development of underground space are monitoring data. Up-to-date monitoring is unthinkable without an appropriate instrument base. This instrument base and engineering support were created in NUST "MISIS" by scientists from the Department "Construction of Underground Structures and Mining Enterprises" and specialists of the "Telemac" Company. The article reveals the main aspects of geomechanical and technological risks formation during the development of underground space of the cities and proposes measures to minimize them on the basis of monitoring and engineering measures.

Keywords: underground construction; georisk; geomechanical monitoring; engineering; geo-system.

Освоение подземного пространства городов, наземное строительство, реконструкция различных объектов, транспортных магистралей, инженерной инфраструктуры осуществляются в горно-геологических условиях различной сложности, что предопределяет высокий уровень геомеханического и геотехнического рисков.

Геомеханический риск может быть оценен возможными социальными и экономическими потерями в результате развития неблагоприятных геомеханических процессов и выражается в снижении устойчивости городской инфраструктуры и природно-технической геосистемы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда» и их безопасности.

При этом под устойчивостью понимаются стабильность функционирования и долговечность подземной и наземной инфраструктуры

городской среды. Освоение подземного пространства города без учета геомеханического риска может привести к преждевременному выходу из строя подземных сооружений, инженерных сетей, сделать проблематичной сохранность наземной застройки, объектов исторического наследия, рекреационных зон и т. д. При определенных обстоятельствах это может повлечь снижение комфортности проживания людей и создать угрозу для их жизни.

К факторам геомеханического риска можно отнести [7]:

- карстово-суффозионные и суффозионные процессы;
- активизацию оползней в результате техногенных воздействий;
- подтопление значительных территорий и изменение вследствие этого физико-механических свойств грунтов;

- повышенную сжимаемость техногенных грунтов;
- загрязнение геологической среды, повышение агрессивности грунтовых вод, ухудшение свойств загрязненных грунтов;
- возникновение физических (электромагнитных) полей.

Основной особенностью проявления геомеханических рисков в условиях освоения подземного пространства городов является их обусловленность не только естественными природными, но и техногенными факторами:

- статическими и динамическими воздействиями от подземных объектов различного назначения, оборудования и механизмов, подземного и наземного транспорта;
- созданием подземных выработок;
- утечками из водонесущих коммуникаций;
- откачкой подземных вод;
- изменением тепловых, электромагнитных и других физических полей.

Подобные воздействия существенно повышают интенсивность и скорость развития геологических рисков, их рецидивы в сравнении с ненарушенными природными условиями, что приводит к поражению тех территорий, в пределах которых развитие рисков было практически невозможно.

Вышеперечисленные факторы, особенно действуя в невыгодном сочетании, предъявляют особые требования к проектированию и строительству подземных объектов, связанные с необходимостью прогнозирования возможных изменений инженерно-геологической обстановки для обеспечения надежной работы сооружения в течение заданного срока эксплуатации. Это делает актуальной разработку новых методов прогнозов, расчетов, средств измерений, изысканий, норм на проектирование и строительство, контроль качества работ и т. д. [2, 3, 6].

В связи с этим актуальными становятся исследования поведения природно-технической геосистемы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда» в условиях самого неблагоприятного сочетания факторов: внешних и внутренних статических и динамических нагрузок, всевозможных техногенных воз-

действий внутри подземного сооружения, нежелательных природных проявлений со стороны породного массива и т. п.

Оценка геомеханического риска является специальным видом проектно-изыскательской деятельности, направленной на обеспечение безопасности населения, объектов хозяйства и окружающей природной среды в пределах территорий, подверженных воздействиям геологических опасностей путем заблаговременного осуществления инженерно-технических и других мероприятий по уменьшению негативных последствий и предупреждению природных чрезвычайных ситуаций, обусловленных этими процессами [3, 4].

Результаты оценки геомеханического риска являются основой для определения необходимости, состава, объема, последовательности реализации и социально-экономической эффективности мероприятий по предупреждению природных чрезвычайных ситуаций, обусловленных развитием геологических опасностей, в составе проектной документации.

Важным аспектом минимизации геомеханического риска является его заблаговременный прогноз на основе мониторинга.

Под *геомеханическим мониторингом* понимается система инструментальных наблюдений, обеспечивающая своевременное обнаружение признаков, предшествующих возникновению аварийных ситуаций с таким расчетом, чтобы вовремя можно было принять необходимые профилактические и защитные меры [5, 10].

Полученные данные используются также в целях:

- определения достоверности и представительности используемых при проектировании физико-механических характеристик горных пород, уточнения их при необходимости;
- выявления закономерностей сдвижения горных пород при основных влияющих факторах;
- оценки величин деформаций и сравнения их с расчетными и допустимыми;
- выявления причин возникновения и степени опасности деформаций для нормальной эксплуатации подземных объектов;

- создания модели деформирования породного массива, вмещающего подземное сооружение, установления правомерности ее применения для рассматриваемых условий;
- выбора методов расчета допустимых и предельных величин деформаций для различных типов надземных и подземных зданий, сооружений и коммуникаций;
- назначения профилактических и защитных мер и определения их эффективности.

Геомеханический мониторинг включает (рис. 1):

- визуальные и инструментальные наблюдения за изменениями геодинамической среды, а также обделки подземных сооружений;
- оценку в лабораторных и натуральных условиях прочностных, деформационных и реологических показателей пород, вмещающих подземное сооружение;
- математическое моделирование процессов деформирования и разрушения пород, окружающих незакрепленные и закрепленные выработки.

Цель геомеханического мониторинга состоит в том, чтобы на основе актуальных данных о свойствах и состоянии пород, вмещающих выработки, а также обделки подземных сооружений, оперативно выдавать заключения о возможности дальнейшей безаварийной эксплуатации объектов в течение заданного (технологического) срока службы или рекомендации по мерам защиты (включая

ремонтные работы), позволяющие сохранить эти объекты в устойчивом эксплуатационном состоянии.

Данные геомеханического мониторинга служат основой для геомеханического обоснования и последующего геомеханического обеспечения освоения подземного пространства городов.

Анализ опыта освоения подземного пространства недр в различных условиях показал, что целесообразно выполнять работы по геомеханическому обеспечению подземного строительства в следующей последовательности [2, 4, 11]:

- оценка естественного состояния породного массива;
- прогноз изменения этого состояния под влиянием горно-строительной деятельности;
- контроль за процессами, происходящими в толще пород и на земной поверхности, и управление этими процессами.

Геомеханическому мониторингу отводится значительная роль при решении задач оптимального размещения подземных сооружений на всех стадиях жизненного цикла подземного сооружения.

Одной из проблем при освоении подземного пространства городов является сведение к минимуму влияния устройства подземных сооружений на существующую застройку, особенно в исторической части города. С этой целью организуется геотехнический мониторинг строительства.

Геотехнический мониторинг выполняют в процессе строительства подземных сооружений, а в необходимых случаях и в начальный период их эксплуатации. Мониторинг, как правило, организуют для следующих зданий и сооружений [1, 7]:

- строящихся подземных сооружений I уровня ответственности, к которым относят технически сложные и особо опасные здания и сооружения гражданского и промышленного назначения: многофункциональные жилые комплексы (высотой более 100 м, имеющие пролеты более 100 м или заглубление подземной части от планировочной отметки земли более 10 м), объекты атомной энергетики, гидротехнические сооружения, объекты космической инфраструктуры, аэропорты и иные объекты авиационной инфраструктуры,

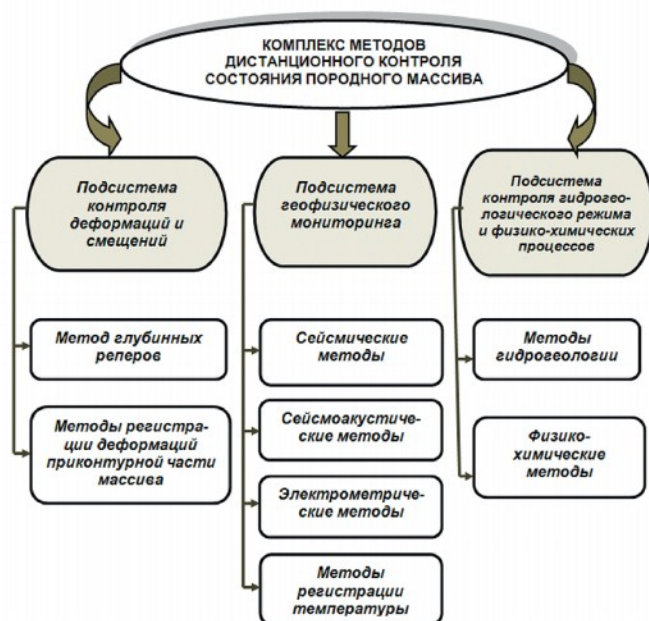


Рис. 1. Комплекс методов геомеханического мониторинга

объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования, метрополитены, морские порты, тепловые электростанции мощностью 150 мегаватт и выше, а также опасные производственные объекты;

- строящихся подземных сооружений II уровня ответственности (остальные здания и сооружения, не относящиеся к категории особо опасных и технически сложных) в сложных инженерно-геологических условиях;

- существующих зданий и сооружений, попадающих в зону влияния подземного строительства в условиях тесной застройки, а также в других случаях, предусмотренных техническим заданием.

При проведении мониторинга, как правило, подлежат определению следующие параметры:

- осадки и горизонтальные смещения конструкций подземного сооружения, а также наземных зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния строительства;

- техническое состояние конструкций строящегося подземного сооружения и окружающих зданий и сооружений наземного и подземного типов;

- деформации несущих и ограждающих конструкций, усилия и напряжения в них;

- усилия в анкерах конструкций;
- напряжения и деформации в грунтовом массиве;

- пьезометрические напоры воды в грунтовом массиве;

- расходы воды, фильтрующей в массиве грунта, вмещающем подземные сооружения;

- температурные показатели грунтов;

- эффективность работы дренажных, водопонижительных и противодиффузионных систем;

- состояние подземного сооружения при его строительстве рядом с тоннелями метрополитена и другими источниками вибрационных и динамических воздействий.

Составные части геотехнического мониторинга показаны на схеме (рис. 2).

В настоящее время для проведения геотехнического мониторинга применяется различное оборудование. Приборы, позволяющие контролировать различные инженерно-геологические и гидрогеологические параметры, подразделяются на следующие группы:

- оборудование для контроля горизонтальных смещений грунта (инклинометры, обсадные инклинометрические трубы, автоматические инклинометрические системы, регистраторы и т. д., рис. 3);

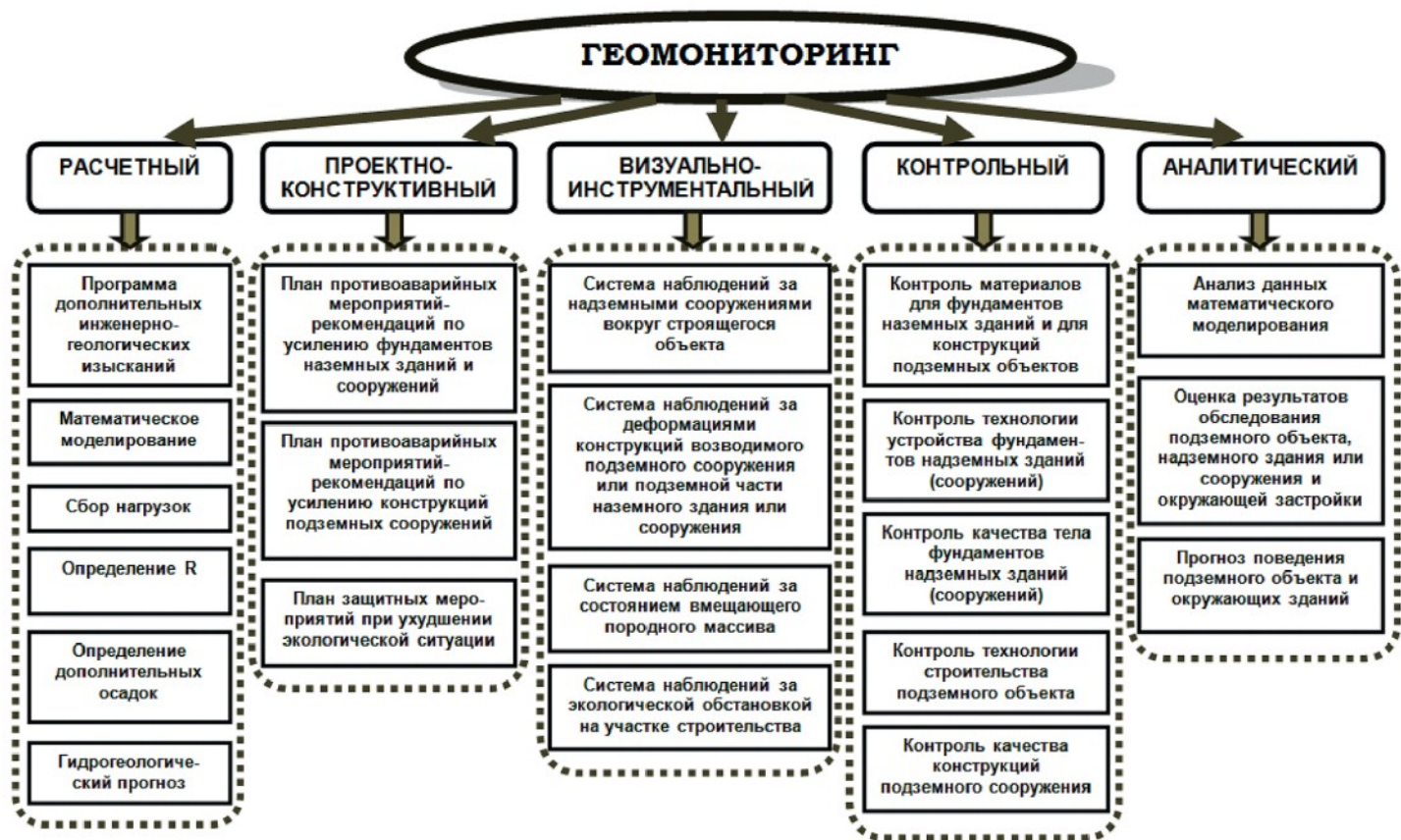


Рис. 2. Составные части геотехнического мониторинга



Рис. 3. Оборудование для контроля горизонтальных смещений грунта

– оборудование для контроля осадок грунта (скважинные магнитные экстенсометры (ручной режим измерений), анкерные экстенсометры (автоматический режим измерений) и т. д., рис. 4);



Рис. 4. Оборудование для контроля осадок грунта

– гидрогеологическое оборудование (автоматические пьезометры, пьезометры CASAGRANDE для измерений в ручном режиме, индикаторы уровня воды, скважинные пробоотборники и т. д., рис. 5);



Рис. 5. Гидрогеологическое оборудование

– датчики нагрузки на грунт, на оголовки свай, на анкерное крепление и т. д. (рис. 6);



Рис. 6. Датчики для измерения нагрузки

– оборудование для мониторинга строительных конструкций (струнные тензометры, датчики контроля перемещений, датчики контроля кренов сооружения и т. д., рис. 7).



Рис. 7. Оборудование для мониторинга строительных конструкций

В настоящее время в мировой практике можно выделить струнное и оптоволоконное оборудование для проведения мониторинга (рис. 8). Лидером по разработке датчиков и современному программному обеспечению мониторинга является компания Telemac (Франция).

Немаловажная роль в осуществлении мониторинга объектов подземного строительства отводится современному инжинирингу.

Согласно определению, данному Европейской экономической комиссией ООН в 80-е годы прошлого века, инжиниринг – это особая деятельность, связанная со строительством и эксплуатацией предприятий и объектов инфраструктуры. Другими словами, совокупность проектных и практических работ и услуг, относящихся к инженерно-технической



Рис. 8. Струнное и оптоволоконное оборудование для проведения мониторинга

области и необходимых для возведения объекта и содействия его эксплуатации [8].

Таким образом, инжиниринг находится между наукой и производством, формируя технологическую (в том числе техническую) базу производственной деятельности (рис. 9).

В подземном строительстве цель инжиниринга – разработать модель и создать подземный объект, как можно более близко соответствующий этой модели. При эксплуатации основной задачей становится корректное моделирование технологических процессов с учетом всех аспектов жизненного цикла формируемой природно-технической геосистемы «подземное сооружение – породный массив – технология – окружающая среда».

Инжиниринговая часть обеспечения подземного строительства подразумевает следующее [8]:



Рис. 9. Связь функций инжиниринга

- проектирование, научное обеспечение и конструкторские разработки при освоении подземного пространства;
- управление строительством и монтажом подземных объектов;
- сервис и управление ремонтами строительного оборудования;
- ИТ-сопровождение и поддержку проектов;
- комплектацию оборудования и логистику;
- осуществление функций заказчика-застройщика;
- подготовку технической и коммерческой тендерной документации;
- управление подземным строительством;
- комплектацию объектов оборудованием и материалами;
- обучение персонала работе на поставленном и введенном в эксплуатацию оборудовании (например, управление проходческим щитом и т. п.);
- разработку проектно-сметной документации;
- координацию действий субподрядчиков;
- выполнение строительно-монтажных работ;
- ввод в эксплуатацию построенных подземных объектов.

Таким образом, в сфере освоения подземного пространства наиболее значимыми видами инжиниринга являются:

– *строительный*, т. е. создание модели подземного объекта и управление процессом ее воплощения – от инвестиционного замысла до ввода в эксплуатацию и подтверждения соответствия фактических параметров применяемых технологий расчетным характеристикам;

– *эксплуатационный* – это целенаправленная коррекция модели в период эксплуатации природно-технической геосистемы согласно поставленным задачам;

– *технологический* – состоит во внедрении технологий, необходимых для развития технологической и производственной базы организации или предприятия, в подземном строительстве обеспечивает предоставление технологии, необходимой для сооружения объекта и (или) его эксплуатации (договоры на передачу производственного опыта и знаний);

– *экологический* – моделирование природоохранных мероприятий, а также формулирование экологических требований к проектной документации и контроль их воплощения при возведении подземных объектов.

Условием эффективного инжиниринга является качественное выполнение работ на каждой его стадии. Одной из ключевых стадий можно назвать внедрение технологического решения у заказчика. Выполняется следующее:

– внедрение технологии производства в целом с выходом на заданные параметры по качеству и производительности;

– пусконаладочные работы комплексов технологического оборудования;

– внедрение управляющих программ для оборудования с ЧПУ;

– оптимизация режимов обработки и геометрии инструмента;

– обучение специалистов заказчика.

Отдельного внимания заслуживает применение современных средств технологического проектирования. Одним из таких методов является имитационное моделирование процесса, которое позволяет на основании исходных данных создать модель будущего производства. Модель позволяет без экспериментов в реальном производстве провести анализ и оптимизацию различных параметров технологического процесса.

Следовательно, инжиниринг в подземном строительстве подразумевает деятельность по инженерно-техническому и инженерно-экономическому сопровождению жизненного цикла технических систем (в том числе промышленных объектов) от инвестиционного замысла до окончания эксплуатации.

В настоящее время эти аспекты эффективно разрабатываются и решаются в созданном совместными усилиями кафедры «Строительство подземных сооружений и горных предприятий» и компании Telemac (Франция) на базе НИТУ «МИСиС» образовательно-научном центре Инновационных технологий и мониторинга в подземном строительстве.

В созданном Центре впервые объединены две компетенции сторон: экспертный инжиниринг со стороны специалистов МИСиС, владеющих фундаментальными знаниями в области освоения подземного пространства, конструкционных материалов, геомеханики, геоэкологии и т. п., и обширный спектр средств и методик измерений, способных интегрироваться в любые верхние уровни систем автоматизации производственных процессов заказчиков. Оборудование компании Telemac позволяет осуществлять научно-техническое сопровождение строительства практически любого объекта на основе мониторинга нагрузок на обделку и ее деформацию под влиянием окружающей среды, изменения температурных показателей породного массива, его трещиноватости, осадок земной поверхности и находящихся на ней зданий и сооружений и т. п.

Таким образом создаются предпосылки для решения основной задачи систем мониторинга – выявление характера инициированных в массиве горных пород процессов, их закономерностей и прогнозируемых признаков для принятия на этой основе инженерных решений как технологического, так и экономического характера, на этапах изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации крупного подземного сооружения.

Решение вопросов, связанных с оптимизацией систем мониторинга, представляет собой сложную задачу, требующую одновременного учета многих факторов. Особую важность при этом представляет рацио-

нальное размещение оборудования для мониторинга с использованием современных информационных технологий. Совместное применение современных численных методов и географических информационных систем для оптимизации систем мониторинга подземных сооружений позволяет еще

на стадии проектирования осуществлять длительные прогнозы поведения объекта, а на стадии строительства и эксплуатации служить контрольным эталоном поведения объекта, что обеспечит принятие необходимых инженерных решений в реальном масштабе времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голодковская Г. А., Лебедева Н. И. Инженерно-геологическое районирование территории Москвы // Инженерная геология. 1984. № 3. С. 87–102.
2. Ильичев В. А., Коновалов П. А., Никифорова Н. С. Геомониторинг – инструмент для обеспечения безопасности исторических памятников при их реконструкции // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1999. № 5. С. 3–8.
3. Ильичев В. А., Коновалов П. А., Никифорова Н. С. Особенности геомониторинга при возведении подземных сооружений в условиях тесной городской застройки // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1999. № 4. С. 20–26.
4. Иофис М. А. Проблемы геолого-маркшейдерского обеспечения освоения подземного пространства г. Москвы // Труды научного симпозиума «Неделя горняка-2009». М., 2009. С. 105–113.
5. Куликова Е. Ю. Методология выбора экологически безопасных технологий подземного строительства. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 342 с.

REFERENCES

1. Golodkovskaya G. A., Lebedeva N. I. Engineering-geological zoning of the territory of Moscow. *Engineering geology*. 1984. № 3. pp. 87–102.
2. Il'ichev V. A., Konovalov P. A., Nikiforova N. S. Geomonitoring – a tool to ensure the safety of historical monuments during their reconstruction. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 1999. No. 5. pp. 3–8.
3. Il'ichev V. A., Konovalov P. A., Nikiforova N. S. Features of geomonitoring during the construction of underground structures in the context of close urban development. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 1999. No. 4. pp. 20–26.
4. Iofis M. A. Problems of geological and surveying support of the development of underground space in Moscow. *Proceedings of the scientific symposium «Miner's Week 2009»*. M., 2009. pp. 105–113.
5. Kulikova E. Yu. *Methodology for the selection of environmentally friendly technologies for underground construction*. M.: Publishing house of MGGU, 2005. 342 p.

6. Москва: геология и город / под ред. В. И. Осипова, О. П. Медведева. М.: ФО «Московские учебники и картолитология», 1997. 400 с.
7. Осика Л. Современный инжиниринг: определение и предметная область // ЭнергоРынок. 2010. № 4. С. 35–48.
8. Осипов В. И. Управление природными рисками // Вестник РАН. 2002. № 9.
9. Петренко А. С. Инженерно-геологическая типизация территорий крупных городов (на примере г. Москвы): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Москва, 1982. 257 с.
10. Потапов А. Д., Манько А. В. Методика оптимизации систем геомеханического мониторинга в подземном строительстве // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2006. № 4. С. 78–80.
11. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции / Правительство Москвы, Москомархитектура. М., 1998. 89 с.

6. *Moscow: Geology and the city*. Eds. V. I. Osipov, O. P. Medvedev. M.: FO «Moscow textbooks and card lithography», 1997. 400 p.
7. Osika L. Modern engineering: definition and subject area. *Energy Market*. 2010. № 4. pp. 35–48.
8. Osipov V. I. Natural Risk Management. *Vestnik RAN*. 2002. No. 9.
9. Petrenko A. S. *Engineering and geological typing of the territories of large cities (on the example of Moscow)*: Author's abstract dis. ... cand. geol.-mineral. of science. Moscow, 1982. 257 p.
10. Potapov A. D., Manko A. V. Methodology for optimizing geomechanical monitoring systems in underground construction. *Construction materials, equipment, technologies of the XXI century*. 2006. № 3. pp. 78–80.
11. Recommendations for the inspection and monitoring of the technical condition of the operated buildings located near the new construction or reconstruction. Government of Moscow, Moscow Committee of Architecture. M., 1998. 89 p.

Куликова Елена Юрьевна, д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительство подземных сооружений и горных предприятий» Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», e-mail: fragrante@mail.ru

ЮБИЛЕИ

МОТОРНОЙ ЛЮДМИЛЕ ИВАНОВНЕ – 70 ЛЕТ

15 февраля 2019 года отмечает юбилей Моторная Людмила Ивановна – бывший начальник отдела регулирования недропользования Госгортехнадзора России, ныне – Председатель Ревизионной комиссии Союза ветеранов Ростехнадзора.

После окончания Московского геолого-разведочного института Л. И. Моторная начала свой трудовой путь в должности инженера-геолога Западно-Сибирского геологического управления Томь-Усинской поисково-разведочной экспедиции. Затем последовала работа инженером-инвентаризатором бюро технической инвентаризации г. Красногорска, старшим инженером-инспектором, ведущим инженером-инспектором Госгортехнадзора СССР и Госгортехнадзора России Управления по контролю за использованием и охраной недр, специалистом 1 категории, ведущим специалистом, начальником отдела.

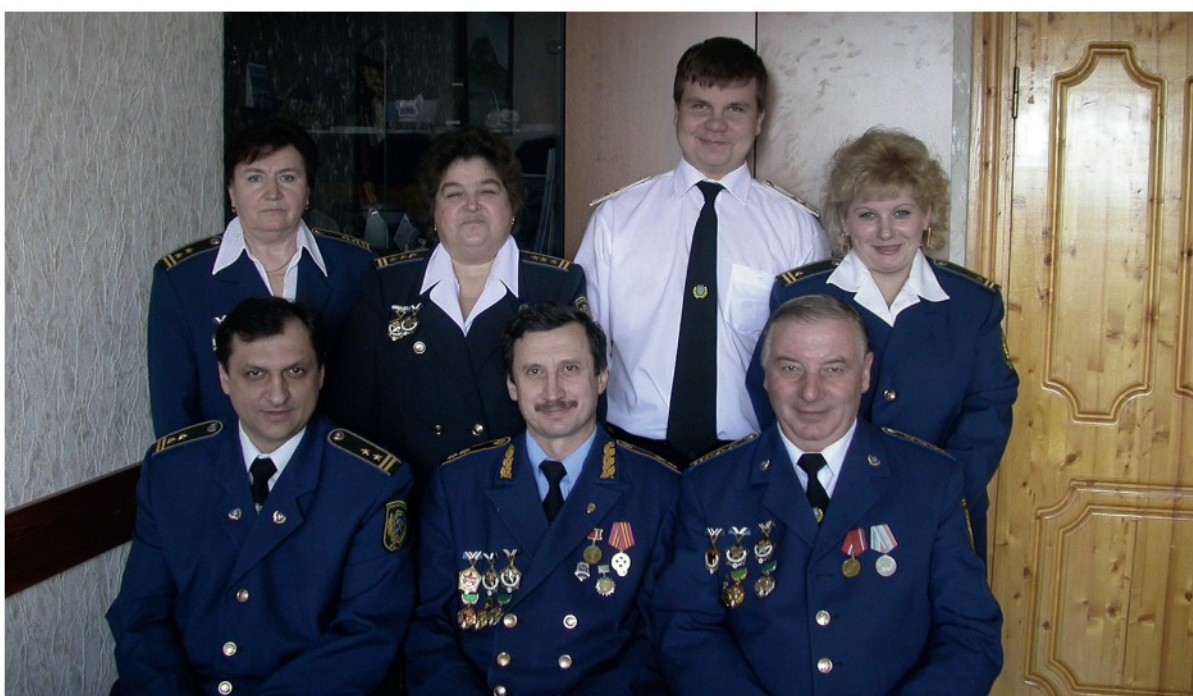
За годы трудовой деятельности Л. И. Моторная зарекомендовала себя высококвалифицированным и авторитетным специалистом, знания и опыт которого способствовали повышению качества надзорной деятельности в области промышленной безопасности, рационального освоения и охраны недр и были использованы при совер-

шенствовании нормативно-методического обеспечения рационального использования недр, а так же геолого-маркшейдерского контроля.

Людмила Ивановна обеспечивала ведение баз данных по добыче и потерям основных видов минерального сырья, принимала активное участие в подготовке материалов по состоянию вопросов охраны недр в составе государственных докладов по охране окружающей среды, совершенствованию нормативных основ охраны недр, особенно в части рационального использования и охраны месторождений лечебных минеральных вод.

Трудовая деятельность Л. И. Моторной заслуженно отмечена наградами целого ряда ведомств горно-промышленного комплекса России. Она награждена знаками «Лучший государственный инспектор Госгортехнадзора России», «Шахтерская слава» III и II степени, «Отличник разведки недр», «Трудовая слава» III степени.

Союз маркшейдеров России, Союз ветеранов Ростехнадзора, друзья и коллеги по совместной работе тепло и сердечно поздравляют Людмилу Ивановну с юбилеем и искренне желают ей крепкого здоровья, долгих лет жизни, благополучия, приятного заслуженного отдыха, успехов во всех делах!



Моторная Л. И. (верхний ряд, вторая слева) с коллегами по работе из Центрального аппарата Госгортехнадзора России

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ИМ. А. А. ЧЕРНОВА

Геологический музей им. А. А. Чернова является структурным подразделением Института геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Он был создан 21 мая 1968 года. В музее собраны материалы, отражающие уровень современных знаний о составе и строении земной коры обширной территории северо-востока Европейской части России: Приполярного и Полярного Урала, Пай-Хоя, о. Вайгача и о-вов Новой Земли. Музейные фонды, состоящие из минералов, руд черных, цветных и редких металлов, горючих ископаемых, цветных и поделочных камней, ископаемой флоры и фауны, имеют большую научную и культурную ценность. Фонды образованы 625 монографической, выставочной и 125 архивными коллекциями общим объемом около 200 000 образцов, шлифов, препаратов и проб.

На базе Геологического музея проводятся научно-исследовательские работы по систематизации и сохранению геологического наследия, формируются архивные фонды по истории геологических изысканий на территории, изучаются музейные коллекции для

актуализации геологической информации относительно современных знаний. Результаты исследований отражаются в печатных изданиях, временных и постоянных экспозициях.

Экспозиционная часть музея составляет около 350 кв. м. Экспонаты демонстрируются в девяти выставочных залах. В зале полезных ископаемых посетители знакомятся с основными богатствами недр Тимано-Североуральского региона. Центральную часть экспозиции зала занимает электрифицированная карта месторождений, выполненная на геологической основе. Она дает наглядное представление о географическом расположении месторождений полезных ископаемых нашего региона и их структурной и возрастной приуроченности.

В зале минералогии собрана богатая коллекция и составлен кадастр минералов, который содержит около 600 минеральных видов и их разновидностей. Большинство минералов представлено несколькими разновидностями, подчеркивающими особенности их морфологии и некоторых других внешних признаков. Экспонируются новые минералы



Зал полезных ископаемых

юшкинит и черновит, открытые сотрудниками Института.

В зале самоцветов демонстрируются образцы ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней, распространение которых показано на карте. Самоцветный облик составляют рубин, нефрит, жадеит, гондит, ензорит, лазулит Полярного Урала, янтарь и яшма Пай-Хоя, аметист, цитрин, горный хрусталь, родонит Приполярного Урала, агаты Тимана. Нередко в витринах зала выставляют свои изделия местные мастера прикладного искусства и камнерезы, экспонируются частные коллекции.

В зале петрографии представлены горные породы, характеризующие магматические и метаморфические комплексы Урала и Тимана. Отдельно экспонируются коллекция ударообразованных пород Карского кратера.

В зале литологии представлены основные типы осадочных пород, характеризующие структурно-формационные зоны Восточно-европейской платформы и ее обрамления. Отдельно демонстрируются крупные штуфы осадочных руд, конкреций различных форм и состава, тектонически расслоенных и катаклазированных пород.

Зал эволюции органического мира и палеонтологии переносит нас в далекое прошлое Земли. Он позволяет увидеть остатки вымерших животных и растений, древних обитателей ископаемых морей и суши.

Перед посетителем раскрывается история жизни во всем ее разнообразии – от простейших одноклеточных организмов до высокоорганизованных животных. Привлекает внимание монтаж почти полного черепа мамонта с хорошо сохранившимися зубами и следами от ударов, которые, возможно, были нанесены древними охотниками, а также слепок тарбозавра из пустыни Гоби (Монголия).

Ежегодно музей проводит более 200 экскурсий для различных групп населения – от высших руководителей страны до студентов и школьников.

Адрес: 167982, Республика Коми,
г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54.

Институт геологии, геологический музей

Тел.: +7 (8212) 44-70-45, e-mail:

astakhova@geo.komisc.ru

Веб-сайт: <http://www.geo.komisc.ru/museum/>



Ископаемые остатки мамонта



Тарбозавр-слепок. Пустыня Гоби (Монголия)



*Кристалл горного хрусталя «Витязь» у входа
в Геологический музей*

ИТОГИ РАБОТЫ СЕССИИ 1.2 «ПРОБЛЕМЫ МАРКШЕЙДЕРИИ, ГЕОМЕТРИЯ И КВАЛИМЕТРИЯ НЕДР» XXVII МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СИМПОЗИУМА «НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА – 2019»

XXVII Международный научный симпозиум прошел с 28 января по 1 февраля 2019 года в Горном институте Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

В 2019 году «Неделя Горняка» посвящена 100-летию со дня рождения академика Владимира Васильевича Ржевского. В. В. Ржевский возглавлял Московский горный с 1962 по 1987 год, и Горный институт НИТУ «МИСиС» обязан многим лучшим, чем обладает сейчас, этому выдающемуся ученому.

Организаторами симпозиума совместно с Горным институтом НИТУ «МИСиС» выступили Институт проблем комплексного освоения недр РАН и Высший горный совет РАН по проблемам горных наук.

В работе ежегодного научного симпозиума традиционно приняли участие члены правительства РФ, видные ученые академической, вузовской и отраслевой наук, представители

национальных и зарубежных высших учебных заведений, научных и промышленных организаций и предприятий России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Общее пленарное заседание научного симпозиума «Неделя горняка – 2019» 29 января в Актовом зале Горного института НИТУ «МИСиС» открыла ректор НИТУ «МИСиС» доктор экономических наук, профессор А. А. Черникова с докладом «Открываем новый век», в котором подвела итоги мероприятий, проводимых в 2018 году и посвященных 100-летию юбилею Московской горной академии, обозначила основные достижения и перспективные направления развития НИТУ «МИСиС».

Приветствие Министерства энергетики Российской Федерации участникам симпозиума зачитал заместитель Министра доктор экономических наук А. Б. Яновский.

Помимо доклада ректора НИТУ «МИСиС» А. А. Черниковой, на пленарном заседании были заслушаны доклады председателя Совета директоров Байкальской горной компании К. В. Джековича «О ходе реализации проекта освоения Удоканского месторождения меди»; иностранного члена РАН, руководителя Центра стратегических исследований, Института математических исследований сложных систем МГУ имени М. В. Ломоносова В. Л. Кванта «Стратегия развития промышленных производств»; заместителя директора по информационным технологиям АО «СУЭК» Д. Н. Сизимова «Комплексная цифровизация горного производства – взгляд СУЭК»; заместителя Министра науки и высшего образования Российской Федерации М. А. Боровской «О реализации Минобрнауки России национальных проектов».

К празднованию 100-летнего юбилея академика В. В. Ржевского был показан ролик о его творческом пути.



Пленарное заседание XXVII Международного научного симпозиума «Неделя горняка – 2019», актовом зале Горного института НИТУ «МИСиС»

В рамках пленарного заседания прошло присуждение звания почетного профессора президенту Государственного геологического музея им. В. И. Вернадского, президенту Академии горных наук, академику РАН Ю. Н. Малышеву.

Впервые в истории Горного института 18 профессоров, докторов технических наук были награждены орденом «За заслуги в горном деле», в их числе два профессора, доктора технических наук кафедры геологии и маркшейдерского дела: В. В. Мосейкин и Ю. В. Кириченко.

29 января открыли работу пленарные заседания по научным направлениям в 12 сессиях: Сессия 1 – «Инженерная геология и маркшейдерское дело», Сессия 2 – «Инженерная геофизика, геомеханика, геодинамика», Сессия 3 – «Геотехнология подземная и открытая», Сессия 4 – «Безопасность горного производства», Сессия 5 – «Охрана окружающей среды в промышленных регионах», Сессия 6 – «Роботизированные технологии и механизация горных предприятий», Сессия 7 – «Обогащение и глубокая переработка полезных ископаемых», Сессия 8 – «Информационные технологии в горном деле», Сессия 9 – «Управление и экономика на горных предприятиях», Сессия 10 – «Энергетика и повышение энергоэффективности промышленных предприятий», Сессия 11 – «Строительство подземных сооружений и горных предприятий», Сессия 12 – «Вклад академика В. В. Ржевского в развитие горной науки и промышленности России».

В ходе Международного научного симпозиума «Неделя горняка-2019» состоялись заседания: президиума Евразийской Академии Горных Наук, Федерального учебно-методического объединения «Прикладная геология, горное дело и геодезия», научного совета РАН по проблемам горных наук, научного совета РАН по проблемам использования взрывов в народнохозяйственных целях и расширенное заседание технического комитета по стандартизации «Твердое минеральное топливо».

В период работы научного симпозиума состоялось десять совещаний участников «Недели горняка» в формате круглых столов: «Современная карьерная техника в условиях цифрового горного производства», «Используй-

вание подземного пространства для решения задач атомной энергетики», «Классификация углей: теория и практика», «Использование природных материалов для реставрации объектов культурно-исторического наследия», «Согласование основного закона ФНП «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов»», «Интеллектуальный анализ данных и робототехника в горном деле», «Актуальные вопросы оценки опасных элементов в углях, продуктах и отходах их переработки», «Современные научно-исследовательские проекты ученых НИТУ «МИСиС» и Республики Казахстан в горно-металлургической отрасли», «Развитие индустриально-образовательного пространства России со странами Африки в области горного дела».

В период работы Международного научного симпозиума «Неделя горняка-2019» прошли деловые встречи, экскурсии в новый геологический музей, на кафедры, встречи с преподавателями, научными сотрудниками, инженерами, аспирантами и студентами Горного института НИТУ «МИСиС».

В составе Сессии 1 «Инженерная геология и маркшейдерское дело» работали: Сессия 1.1 «Горнопромышленная геология», Сессия 1.2. «Проблемы маркшейдерии, геометрия и квалиметрия недр», Сессия 1.3 «Горные породы и промышленные минералы: исследования, технологии, применение».

На пленарном заседании Сессии 1 наибольший интерес у участников вызвали доклады: Г. С. Иващенко, Ю. В. Кириченко, А. С. Каширского (НИТУ «МИСиС») «Анализ экологического воздействия разработок подземных месторождений твердых полезных ископаемых» и Н. Н. Грищенко, Е. В. Блиниковой (РАНИМИ, г. Донецк) «Оперативное формирование цифровых моделей рельефа подрабатываемых территорий с помощью космических снимков».

Программа работы Сессии 1.1. «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология» (модератор: доктор технических наук, профессор В. В. Мосейкин, секретарь: кандидат технических наук, доцент С. А. Пуневский) XXVII Международного научного симпозиума «Неделя горняка – 2019» включала 15 докладов.

Программа работы Сессии 1.2 «Проблемы маркшейдерии, геометрия и квалиметрия

недр» (модераторы: доктор технических наук, профессор М. А. Иофис, кандидат технических наук, доцент Г. О. Абрамян, секретарь: старший преподаватель И. И. Ерилова) XXVII Международного научного симпозиума «Неделя горняка – 2019» включала 25 докладов.

Всего на заседаниях Сессии 1.2 было представлено 14 докладов в форме мультимедийных презентаций, в том числе 3 доклада дополнительно к программе.

Общее количество участников работы Сессии 1.2 в течение утреннего и вечернего плановых заседаний 30 января составило 45 человек.

В работе Сессии приняли участие представители:

- научных и научно-исследовательских институтов и организаций: ФБГУН ИПКОН РАН, Институт горного дела УрО РАН, Геофизический центр РАН, РАНМИ (г. Донецк);

- национальных университетов (учебных институтов): СПГУ, РУДН, ИрНТУ, ВТУ им. Г. Агриколы (Германия), Ташкентский ГТУ имени Ислама Каримова (Узбекистан), СПУ ГПС МЧС России, СФ ИГДГиГ, ДВФУ, УГГУ, КузГТУ, ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова;

- предприятий: РОСАТОМ АО «ВНИПИ-промтехнологии», ООО «Геосервисприбор», ООО «ПТЕРО», ООО «Газпром геотехнологии», компания «R&K Geo-Engineering Ltd», компания «ALLTERRA»; Международного союза маркшейдеров;

- преподаватели, аспиранты и студенты кафедры геологии и маркшейдерского дела, а также других кафедр ГИ НИТУ «МИСиС».

В работе Сессии участвовали ученые и специалисты зарубежных стран:

- Германии: доктор технических наук, профессор В. Штеллинг, Х. Мариенхольц (Высшая школа технических наук им. Георга Агриколы), Эдина Усанович (Высшая школа технических наук им. Георга Агриколы, компания «ALLTERRA»), управляющий директор доктор технических наук Г. Рафат (компания «R&K Geo-Engineering Ltd»);

- ДНР, г. Донецк: доктор технических наук Н. Н. Грищенко (РАНМИ).

Открыл работу Сессии 1.2 и руководил ее работой модератор – доктор технических наук, профессор М. А. Иофис.

Темы докладов Сессии касались основных актуальных вопросов и современных проблем маркшейдерии, сдвижения горных пород и земной поверхности, устойчивости бортов, откосов и отвалов, геометрии недр, ГГИС, использования новейших роботизированных тахеометров, сканеров, электронных нивелиров и программного обеспечения в геодезии и маркшейдерском деле, развития и применения спутниковых технологий, применения беспилотной авиации в картографии, а также вопросов совершенствования подготовки высококвалифицированных горных инженеров-маркшейдеров в Горном институте. Представлена программа проведения конгресса Международного союза маркшейдеров в г. Иркутске в 2019 году.

Наибольший интерес и активное обсуждение вызвали доклады: В. Штеллинга, К. Свенти (ВТУ им. Г. Агриколы, Германия) «Полигональное моделирование с LEICA Scan



Пленарное заседание Сессии 1, докладчик Н. Н. Грищенко, д-р. техн. наук, профессор (РАНМИ, ДНР, г. Донецк)



Докладчик Сессии 1.2 В. Штеллинг, д-р. техн. наук, профессор (ВТУ им. Г. Агриколы, Германия)



*Докладчик Сессии 1.2 Э. Усанович
(ВТУ им. Г. Агриколы, компания «ALLTERRA»,
Германия)*

Station P 40»; Э. Усановича (ВТУ им. Г. Агриколы, компания «ALLTERRA», Германия) «Trimble» – новая технология сбора и обработки данных»; Ю. М. Левкина (ГИ НИТУ «МИСиС»)

«Маркшейдерские наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхностью при подземной газификации углей»; Ю. А. Иванова, С. Ю. Суховерова (ООО «Геосервисприбор») «Новые модели роботизированных тахеометров мирового бренда Лейка на примере TS16»; И. И. Ериловой, студ. М. Н. Глущенко (ГИ НИТУ «МИСиС») «Прошлое и настоящее. Вековой период развития маркшейдерии в Горном институте НИТУ «МИСиС»; А. Л. Охотина (Международный союз маркшейдеров) «Конгресс Международного союза маркшейдеров в Иркутске в 2019 году».

Свои доклады презентовали аспирант А. В. Николаев (ГИ НИТУ «МИСиС»); студенты М. Н. Глущенко (III курс), В. В. Николайчук (VI курс) ГИ НИТУ «МИСиС».

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



Участники Сессии 1.2 с представителями ВТУ им. Г. Агриколы (Германия)

Ерилова Ирина Игоревна, ст. преподаватель кафедры геологии и маркшейдерского дела Горного института НИТУ «МИСиС», секретарь Сессии 1.2 НГ-2019, e-mail: irina-erilova@yandex.ru



Российская академия наук
Российский фонд фундаментальных исследований
ИПКОН РАН
МГТУ им. Г. И. Носова

X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ:
ПЕРЕХОД К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ
COMBINED GEOTECHNOLOGY:
TRANSITION TO A NEW WAVE OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS

27–31 мая 2019 г.
МГТУ им. Г. И. Носова,
г. Магнитогорск

Оргкомитет X Международной конференции «Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу» приглашает горнопромышленников, представителей научных, проектных и экспертных организаций, аспирантов и докторантов принять участие в ее работе.

Конференция проводится традиционно с целью развития комбинированных геотехнологий комплексного освоения и сохранения ресурсов земных недр с максимально полным использованием георесурсного потенциала осваиваемых месторождений, ресурсосбережения и ресурсо-воспроизводства.

Тематика конференции:

- Взаимосвязь принципов открытой и подземной разработки месторождений полезных ископаемых при переходе к новому технологическому укладу
- Сочетание физико-технических и физико-химических способов добычи
- Устойчивое развитие горнотехнических систем и регионов
- Развитие теоретических основ проектирования комбинированных геотехнологий
- Высокопроизводительные системы и способы комбинированной разработки месторождений
- Интеллектуальные и роботизированные геотехнологии
- Геомеханическое обоснование инновационных решений
- Экологически сбалансированные геотехнологии
- Промышленные, экологические и социальные риски
- Организация и управление производством совершенствование нормативно-правовой базы при переходе к новому технологическому укладу
- Подготовка горных инженеров – специалистов в области комплексного освоения месторождений

Материалы конференции будут изданы к началу конференции отдельным сборником (РИНЦ). Отдельные статьи участников конференции по решению оргкомитета будут опубликованы в сборнике E3S Web of Conferences на английском языке (SCOPUS).

В рамках конференции состоится круглый стол по рассмотрению проекта Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов». Специально будут заслушаны подготовленные к защите диссертации по тематике комбинированной геотехнологии на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Планируются экскурсии на горно-металлургические предприятия, применяющие комбинированные геотехнологии.

Подробнее ознакомиться с условиями участия в конференции, контрольными сроками, требованиями к публикуемым материалам можно на сайтах: <http://cgt.magtu.ru>, <http://унконран.рф> и <http://opst.унконран.рф>

 **TOPCON**

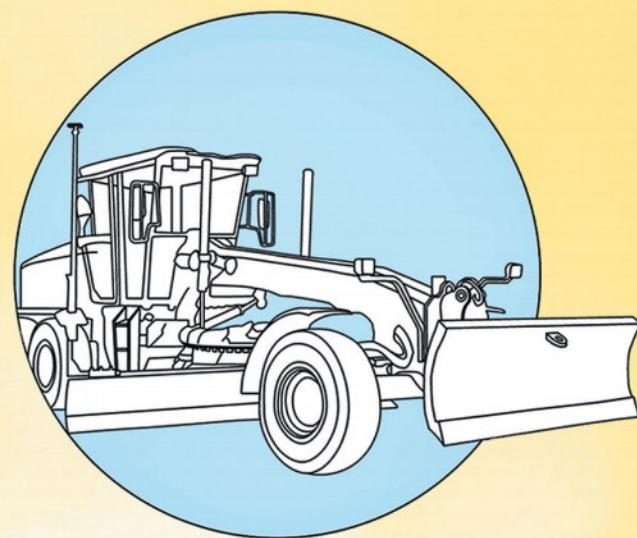
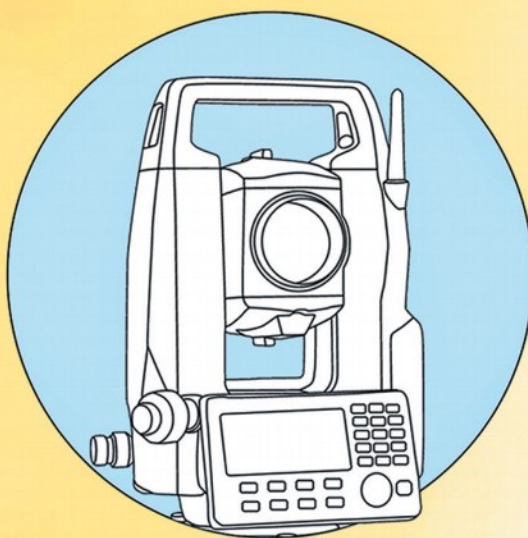
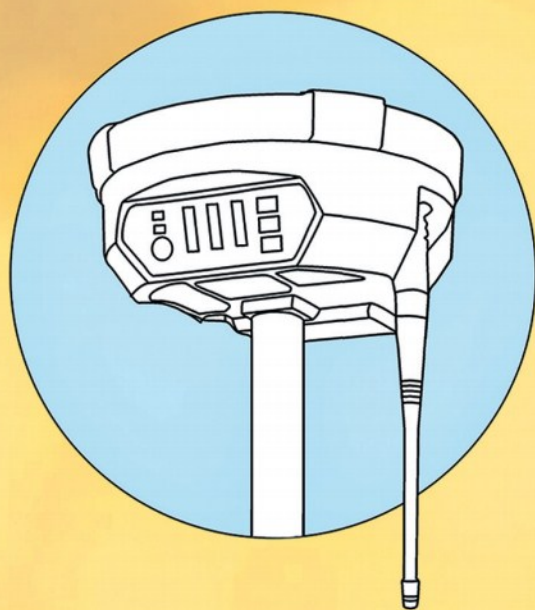
SOKKIA

VEGA
CONSTRUCTION INSTRUMENTS



ООО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург

Официальный представитель Topcon Sokkia
на Северо-Западе России



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

(812) 363-43-23

(812) 363-19-46



www.geopribori.ru

ISM 2019

XVII МЕЖДУНАРОДНЫЙ
МАРКШЕЙДЕРСКИЙ КОНГРЕСС

XVII INTERNATIONAL
CONGRESS FOR MINE SURVEYING



www.ism2019.com

XVII МЕЖДУНАРОДНЫЙ МАРКШЕЙДЕРСКИЙ КОНГРЕСС НА БАЙКАЛЕ

26 – 30 сентября, Россия, Иркутск

- Впервые в России!
- Крупнейшее собрание маркшейдеров из 43 стран – членов ISM
- Выставка оборудования
- Обширная профессиональная и культурная программа

Иркутск
Irkutsk

GEOSCAN

ALROSA

RIEGL®

HEXAGON
GEOSYSTEMS

Leica
Geosystems