

ISSN-2073-0098

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



АРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК

MINE SURVEYING BULLETIN

№ 6 2015

Ноябрь - Декабрь
November - December

С Новым 2016 годом!

ОАО Гипроцветмет
г. Москва

С Новым 2016 годом и Рождеством!



Календарь на 2016 год



год
обезьяны
2016

Январь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Февраль

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29						

Март

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Апрель

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Май

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
					1	
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Июнь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

Июль

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Август

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Сентябрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Октябрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Ноябрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Декабрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Журнал издается 23-й год (с 1992 г.) и продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу, выходявших в России и СССР в 1910-1936 гг.

Издатель – ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»
Генеральный директор, к.ю.н.
Попов Роман Владимирович

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

Члены Редсовета:

Гальянов А.В.	Кузьмин Ю.О.
Глейзер В.И.	Макаров А.Б.
Гордеев В.А.	Милетенко Н.А.
Грицков В.В.	Навитный А.М.
Гусев В.Н.	Охотин А.Л.
Загibalов А.В.	Трубчанинов А.Д.
Зимич В.С.	Черепнов А.Н.
Зыков В.С.	Шадрин М.А.
Калинченко В.М.	Юнаков Ю.Л.
Кашников Ю.А.	

Редакция:

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

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

Технический редактор
МОЛОДЫХ Ирина Валерьевна

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

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

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

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

Подписано в печать 23.11.2015 г.

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

В течение года можно оформить
подписку на журнал через редакцию

За точность приведенных сведений и
содержание данных, не подлежащих
открытой публикации, несут ответст-
венность авторы.
Мнения авторов могут не совпадать с
мнением редакции.
Рукописи не возвращаются!

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

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК

№6 (109), ноябрь – декабрь, 2015 г.

Учредители:
СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
СОЮЗ ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКОВ
ГИПРОЦВЕТМЕТ

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

**«Один опыт я ставлю выше, чем
тысячу мнений, рожденных только
воображением»**

М.В.Ломоносов

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

- **ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**
- **ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС**
- **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ**
- **ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**
- **ЮБИЛЕИ**
- **ИНФОРМАЦИЯ**

**Сердечно поздравляем подписчиков и читателей
нашего журнала с Новым 2016 годом!
Желаем отменного здоровья, успехов в труде и личного счастья!**

Издатель, редсовет и редакция «МВ»

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

	Стр. Page
– ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	
– PROBLEMS OF SUBSURFACE RESOURCES MANAGEMENT	
А.В.Дроздов, А.И.Мельников. Структурно-геологические факторы при прогнозе газоопасных зон в подземных выработках рудника «Удачный» (Якутия)	6
A.V.Drozhdov, A.I.Melnikov. Structural and geological factors at the forecast of gas dangerous zones in underworkings of Udachny mine (Yakutia)	
М.В.Рыльникова, А.Б.Юн, И.В.Терентьева. Об утилизации отходов горного и обоганительного производств на Жезказганском месторождении	13
M.V.Rylnikova, A.B.Yun, I.V.Terentyeva. About utilization of wastes mountain and concentrating productions on the Zhezkazgansky deposit	
– ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС	
– GEODESY, MINE SURVEYING, GIS	
Е.А.Красильникова, А.В.Зубов. Сравнение алгоритмов поиска грубоошибочных измерений в маркшейдерско-геодезических сетях	17
E.A.Krasilnikova, A.V.Zubov. Comparison of algorithms of search of gross errors measurements in surveyor geodesic networks	
О.В.Волков, С.Э.Никифоров. Об устройстве опорных реперов на устьях ликвидируемых скважин	21
O.V.Volkov, S.E.Nikiforov. About device of supporting reference points on mouths of the liquidated mining holes	
Н.С.Копылова, А.Н.Полуянова. Применение автоматизации в топографо-геодезическом производстве при определении объемов объектов	23
N.S.Kopylova, A.N.Poluyanova. Application of automation in topographic and geodesic production at determination of volumes of objects	
Г.В.Земских, Е.С.Базиляк, М.Ю.Васильев. Анализ затрат времени на производство подземных маркшейдерских работ в условиях модернизации средств и методик измерений	28
G.V.Zemsky, E.S.Bazilyak, M.Yu.Vassiliev. The analysis of expenses of time for production of underground surveying works in the conditions of modernization of means and measurement techniques	
– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ	
– PROBLEMS OF MOUNTAIN GEOMECHANICS	
Ю.А.Боровков, В.В.Ивченко. Обоснование мощности предохранительного целика с учетом сейсмического воздействия взрывов при проведении подготовительных выработок	31

Yu.A.Borovkov, V.V.Ivchenko. Justification of power of protective pillar taking into account seismic impact of explosions during realization of preparatory developments	
Ю.А.Боровков, В.В.Ивченко. Определение величины зоны влияния карьера на нижерасположенный массив мерзлых горных пород, учитывающей профиль контура карьера алмазосодержащих месторождений.....	36
Yu.A.Borovkov, V.V.Ivchenko. Determination of size of the zone of influence of a pit on below located massif of frozen breeds considering a profile of pit contour of diamond-bearing deposits	
Н.И.Косухин, А.Н.Шабаров, Д.В.Сидоров. Оценка напряженно-деформированного и удароопасного состояния массива горных пород при разработке Талнахского и Октябрьского месторождений в зонах влияния крупно-амплитудных тектонических нарушений.....	39
N.I.Kosukhin, A.N.Shabarov, D.V.Sidorov. Assessment intense deformed and bump hazard condition of the massif of rocks when developing Talnakh and Ocityabrsky deposits in zones of influence of large and amplitude tectonic disturbance	
В.С.Зыков, А.С.Харкевич, И.Л.Непомнищев. Предупреждение проявлений динамической опасности в угольных шахтах на больших глубинах	43
V.S.Zykov, A.S.Kharkevich, I.L.Nepomnishchev. The prevention of displays of dynamic danger in coal mines at big depths	
С.Ю.Новоженин, Д.З.Мукминова. Анализ данных натурных маркшейдерских наблюдений при сооружении эскалаторных тоннелей в Санкт-Петербурге.....	50
S.Yu.Novozhenin, D.Z.Mukminova. Analysis of mining surveying data during the escalator tunnels construction in Saint-Petersburg	
М.Б.Нурпеисова, Н.А.Милетенко. Прогнозирование техногенных оседаний земной поверхности.....	55
M.B.Nurpeisova, N.A.Miletenko. Forecasting of technogenic settling of the terrestrial surface	
А.Е.Кирков, И.Л.Никифорова. К вопросу определения допустимых условий подработки трубопроводов.....	59
A.E.Kirkov, I.L.Nikiforova. To the question of definition of possible terms of underworking of pipelines	
– ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
– PROBLEMS OF INDUSTRIAL SAFETY	
В.К.Мусаев, В.П.Спиридонов, И.В.Деревяшкин, А.В.Мусаев, В.В.Стародубцев. О геодинамических процессах при техногенных чрезвычайных ситуациях.....	64
V.K.Musayev, V.P.Spiridonov, I.V.Derevyashkin, A.V.Musayev, V.V.Starodubtsev. On geodynamic processes at emergency situations	
– ЮБИЛЕИ.....	67
– ANNIVERSARIES	
– ИНФОРМАЦИЯ.....	69
– INFORMATION	

УДК 622.8 + 550.4:574.4

А.В.Дроздов, А.И.Мельников

СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ПРОГНОЗЕ ГАЗОПАСНЫХ ЗОН В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ» (ЯКУТИЯ)

Рассмотрены особенности горно-геологических условий вмещающих пород и рудных тел месторождения алмазов трубки «Удачная». На основе анализа имеющихся геологических материалов оценено влияние вещественного состава пород, структурно-тектонической обстановки вблизи месторождения и других геологических показателей на масштабы и интенсивность газопроявлений. Предложена качественная и количественная оценка факторов нефтегазоопасности участков (зон) месторождения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кимберлитовая трубка Удачная; прогноз газового режима; инженерно-геологические свойства; газонасыщенные зоны; дизъюнктивные дислокации; разрывные нарушения; оценка факторов нефтегазоопасности; безопасность производства подземных работ.

A.V.Drozдов, A.I.Melnikov

STRUCTURAL AND GEOLOGICAL FACTORS AT THE FORECAST OF GAS DANGEROUS ZONES IN UNDERWORKINGS OF UDACHNY MINE (YAKUTIA)

Features of mining-and-geological conditions of containing breeds and ore bodies of diamond deposit of tube «Udachny» are considered. On the basis of analysis of present geological materials influence of material composition of breeds, a structural and tectonic situation near a deposit and other geological indicators on scales and intensity of gas-manifestations is estimated. The quality and quantitative estimation of factors of oil and gas danger of sites (zones) of deposit is offered.

KEY WORDS: kimberlite tube «Udachny»; forecast of the gas mode; engineering-geological properties; gas saturated zones; disjunctive distributions; break violations; estimation of factors of oil and gas danger; safety of productions of underground works.



А.В.Дроздов А.И.Мельников

Крупнейшее месторождение алмазов России – трубка Удачная – расположена в Далдыно-Алакитском районе, входящем в состав северной геокриологической зоны Сибирской платформы, которой свойственно сплошное распространение многолетнемерзлых пород (ММП), непрерывность криогенной толщи, значительная ее мощность (до 1500 м) и высокие значения отрицательных температур (до 16°C) [5]. Кимберлитовая трубка Удачная состоит из двух сопряженных тел (западного и восточного). В верхней части разреза осадочного чехла оба тела соприкасаются друг с другом, однако, начиная с глубины 250–270 м, они разобщены в земном пространстве. Углы падения контактов восточного тела варьируют от 25–45° на северо-востоке до 80° на юго-востоке и северо-западе, а глубже 100 м они становятся субвертикальными. В рудной структуре месторождения установлено 8 кимберлитовых жил и 3 небольших сателлитных тела (до 5–10 м), структурно увязанных в две системы направлений с азимутами 63–65° и 85°. В 450 м северо-восточнее восточного тела трубки вскрыто жильное тело, сложенное калиевым щелочным трахитом, прорывающее одну из кимберлитовых жил.

Особенностями горно-геологических условий вмещающих пород и рудных тел месторождения являются: сложные гидро-геологические условия с распространенными во вскрываемом разрезе газонасыщенными хлоридными кальциевыми рассолами; неравномерная газо- и нефтенасыщенность осадочных пород и кимберлитов; изменчивая геотермическая обстановка; совместное осуществление открытых горных работ со строительством и проходкой подземных горных выработок рудника «Удачный».

Региональную и локальную сеть дизъюнктивных дислокаций в этом регионе образуют системы глубо-

ко проникающих разломов фундамента, а также мелких разрывов и зон повышенной и интенсивной трещиноватости, связанных с формированием самих кимберлитовых тел и интрузий долеритов [6].

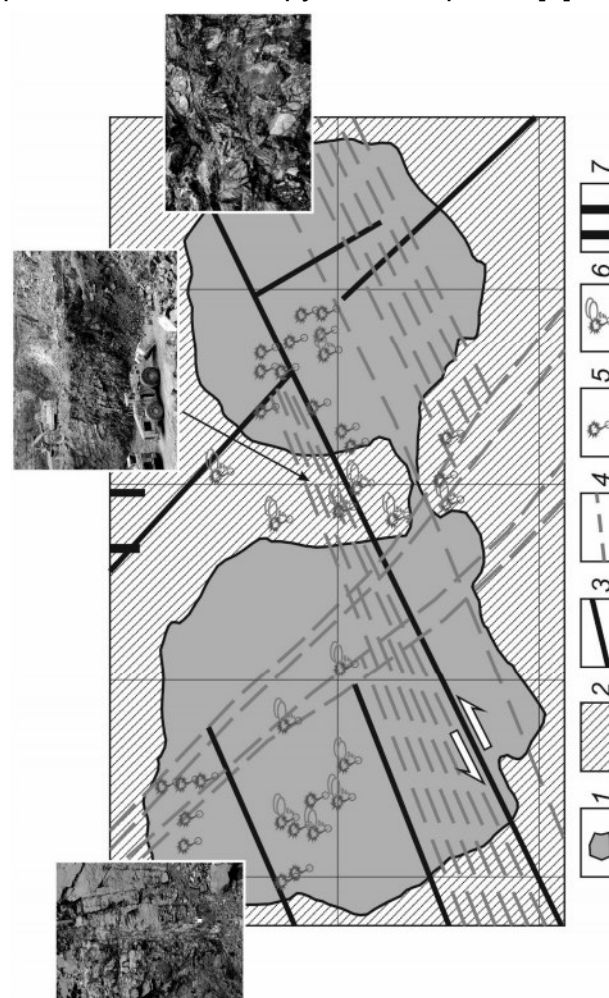


Рис.1. Газо- и водопроявления в эксплуатационных скважинах на нижнем горизонте карьера трубки Удачная

1 – контуры рудного тела; 2 – палеозойские осадочные породы; 3 – основные разрывные нарушения; 4 – зоны дробления, катаклаза и повышенной трещиноватости; 5 – скважины с газопроявлениями; 6 – скважины с газо- и водопроявлениями; 7 – штольни подземного рудника

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Разломы в районе месторождения образуют четкую регматическую сеть: ортогональную (субширотные и субмеридиональные системы) и диагональную (северо-западные и северо-восточные системы). Формирование этих систем, наиболее вероятно, связано с региональным полем напряжений, сбросовыми и сдвиговыми подвижками в фундаменте Сибирской платформы.

В целом, формирование кимберлитовых трубок отражено в локальных деформациях осадочного чехла в виде мелких хаотично ориентированных хрупких разрывов, зон брекчирования, катаклаза и образования мелких приразломных (взбросов и сбросов) складок изгиба (преимущественно асимметричных или коробчатых, рис.1).

Из анализа плотности разломов в районе стало очевидным, что плотность тектонических нарушений существенно возрастает в зонах влияния региональных дислокаций фундамента и достигает максимальных значений (более 13% на единицу площади) в юго-западном и северо-восточном обрамлении трубки, где интенсивно развиты как околотрубочные деформации, так и оперяющие системы локальных разрывов Октябрьского межблокового разлома. Анализ тектонической обстановки на месторождении показывает, что оба тела кимберлитовой трубки Удачной расположены в четком разломном узле, образованном пересекающимися диагональными системами региональных разрывных нарушений (северо-восточной и несколькими северо-западными), осложненными мелкими околотрубочными локальными разрывами. При этом северо-восточная система, вероятно, является более мощной и ранней. Она обычно контролирует местоположение мелких кимберлитовых тел и жил в районе основной трубки. Эта система четко прослеживается в уступах карьера и преимущественно выражена зонами дробления, системами мелких параллельных разрывов или крупных трещин, на плоскостях которых нередко наблюдается развитие глинки трения с отчетливо выраженными крутыми и иногда достаточно протяженными зеркалами скольжения, разворотами блоков осадочных пород, локально сопровождающимися окварцеванием и пиритизацией пород (рис.1, правая врезка). Судя по ориентировке штрихов скольжения на плоскостях крупных трещин и по скульптурам роста самих трещин, по кинематическому типу северо-восточную зону разлома можно отнести к левому сдвигу.

Северо-западные системы разрывных нарушений выражены преимущественно зонами повышенной или интенсивной трещиноватости и катаклаза пород, особенно в верхних частях осадочного чехла (рис. 1, левая врезка). Они более молодые и контролируют большинство долеритовых интрузий в регионе. С влиянием этих деформаций в регионе связаны основные гидрогеологические структуры для захоронения дренажных вод карьера трубки Удачной в верхней (мерзлой) части криолитозоны. Как следует из анализа всех материалов, трещинные системы в пределах карьера образуют четкую регматическую сеть: ортогональную (субширотные и субмеридиональные системы) и диагональную (северо-западные и северо-восточные системы). Формирование этих систем трещин, наиболее вероятно, связано с регио-

нальным полем напряжений и сдвиговыми подвижками в фундаменте региона.

В пределах карьера развиты в подавляющем большинстве крутопадающие системы трещин с углом падения от 50 до 90°. Горизонтальная трещиноватость проявлена преимущественно только по поверхностям напластования, то есть вдоль стратиграфических границ пород с разными реологическими свойствами. Плотность разрывных нарушений и зон повышенной тектонической трещиноватости в карьере распределяется неравномерно и также отчетливо контролируется системами региональных разломов. Наиболее высокая плотность дизъюнктивных нарушений наблюдается в полосе влияния главного северо-восточного разлома, где она достигает значений более 3 % на единицу площади карьера. Данные нарушения водонасыщены и по ним осуществляется гидравлическая связь с толщами пород, обладающими высокими емкостными параметрами.

Высокие значения плотности разрывов отмечаются и вдоль зон разломов западного борта карьера трубки Удачная (более 2%), и практически по всему южному контакту кимберлитовых тел с вмещающими их породами. Как уже отмечалось ранее, северный борт карьера, а также северные контактовые зоны кимберлитовых тел практически на всем своем протяжении наименее нарушены разломными системами, и плотность разрывов здесь минимальна, хотя сами трещины более крупные и протяженные.

Алмазные месторождения Якутии, в отличие от угольных, характеризуются большим диапазоном состава, свойств, форм содержания и неравномерностью распределения природных газов в породных толщах и кимберлитах. Газовая составляющая на месторождении, как и по другим кимберлитовым трубкам региона, представляет собой сложные смеси газов воздушного, химического, метаморфического, магматического и радиогенного происхождения с тремя основными типами разновидностей нахождения: свободной, сорбированной и растворенной. Отмечена в определенных интервалах криогенных толщ района и гидратная форма существования газовых скоплений [5, 7]. По составу основных компонентов природные газы подразделяются на азотные и углеводородные с их вариациями. Как известно, многокомпонентные газовые смеси, одни и те же газы могут образовываться в результате различных геохимических процессов с преобладанием того или иного из них, в зависимости от конкретной геолого-геохимической обстановки региона. Характерными отличиями природных газов алмазных месторождений являются относительно высокие содержания водорода и тяжелых углеводородов от этана (C_2H_6) до гексана (C_6H_{14}).

Подчеркнем одну всем известную, но важную деталь, согласно которой образуются и находятся в породных и рудных массивах опасные по скоплениям газонасыщенные зоны. На участке обязательно должны присутствовать два составляющих структурных элемента. Первый – коллектор, представленный пластом (поровым, кавернозным, трещинным), трещинной (разрывной) зоной или иным геологическим образованием (складка, купол, мульда и т.д.). Вторым

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

элементом является обязательное наличие экрана (непроницаемой или слабопроницаемой породы). Если отсутствует один из этих элементов, то опасных скоплений газа не образуется.

Миграция свободного газа в трещинно-поровом пространстве горных массивов осуществляется за счет процессов диффузии и фильтрации. Диффузия происходит под действием энергии перемещения молекул, теплопроводности и концентрации молекул газа, а фильтрация – под действием градиента давления. При движении газа в природной пористой среде возникают поля микронапряжений. Поэтому в зависимости от структуры порового пространства пород различают разные режимы массопереноса газа (табл.1) [7]. При решении задачи дегазации вскрываемого массива важное значение имеет раздельная качественная, а в дальнейшем и количественная оценка порового и трещинного пространства как одного из условий, определяющего фильтрацию свободных взрывоопасных газов. Очевидно, что повышение скорости миграции по взаимосвязанной сети пор и трещин массива следует искать в совершенствовании способов и средств увеличения газопроницаемости пород.

Выполненными ранее исследованиями по району установлено, что в составе газов отмечается метан, тяжелые углеводороды (этан, пропан, бутан, пентан, гексан), водород, азот, углекислый газ, гелий, аргон, непредельные УВГ (этилен, пропилен, бутилен) [1, 5 и др.]. Основу природной газовой смеси составляют азот, метан и его гомологи, водород, углекислый газ (табл. 2). Распределение газов во вмещающих осадочных породах и в кимберлитовых трубках носит сложный характер. Состав, масштабы и интенсивность газопроявлений зависят, в первую оче-

редь, от вещественного состава пород, структурно-тектонической обстановки вблизи месторождения и в той или иной его части, а также от других геологических показателей.

Таблица 1

Характер движения газа в зависимости от структуры пустотного пространства

Пустоты	Диаметр, мм	Характер движения газа
Ультрапоры	0,003	Адсорбция, кнудсеновская диффузия
Переходные поры	0,003–0,1	Капиллярная конденсация, кнудсеновская диффузия
Субмикропоры	0,1–1,0	Вязкое течение, медленная ламинарная фильтрация
Поры и трещины	1–200	Интенсивная ламинарная фильтрация
Видимые трещины	200	Смешанная (ламинарная и турбулентная) фильтрация

В рудных телах спонтанные выделения горючих газов (УВГ, H_2) приурочены, в основном, к зонам вскрытия эндогенной трещиноватости, на контактах разных типов кимберлитов (фаз внедрения магматического вещества) и локальным газовым ловушкам. Помимо рассмотренных общих закономерностей величина газоносности отдельных проницаемых участков, прилегающих к рудным телам, тесно связана с их тектонической нарушенностью, т.е. возможностью миграции флюидов и в настоящее время из глубинных интервалов подземного прилегающего пространства и выходом газа по трещинным зонам в центре депрессии, т.е. внутри карьерного поля.

Таблица 2

Состав и состояние распространенных газов в районе трубки Удачной [5]

Название толщи (мощность, м)			Состояние распространенных газов	Тип газов по составу
Верхняя часть литосферы	Ярус (по С.М. Фотиеву [1971])	Водоносная		Второстепенные компоненты
Криолитозона (720 – 1050)	Мерзлых пород (60–250), встречаются охлажденные (5–10)	Встречается межмерзлотная (5–10)	Свободный, сорбированный, газогидраты	Углекисло-азотные CH_4, H_2S
	Морозных пород (10–50)	отсутствует	Свободный, газогидраты, сорбированный	Углекисло-азотные CH_4, H_2S
	Охлажденных пород (430–650)	Верхне-кембрийский комплекс	Растворенный, сорбированный	Азотно-углеводородные CO_2, He, TU
			Газогидраты, сорбированный	Углеводородные TU, CO_2, H_2, He
		Средне-кембрийский комплекс	Растворенный, сорбированный	Углеводородные TU, CO_2, H_2, He

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Сложность газовой обстановки на месторождении особо подтверждена на конечных этапах открытых горных работ. Так, при бурении заоткостных скважин, скважин эксплуатационной и детальной разведки на участках, где вскрывалась интенсивная трещиноватость пород, отмечались газопроявления, являющиеся хорошим показателем миграции минерализованных вод, газов, нефти из прилегающих подземных пространств по разрывным нарушениям. Присутствие метана и его тяжелых гомологов – результат миграции газовых компонентов с глубоких горизонтов осадочного чехла, а его состав типичен для газов древних платформ. Миграция углеводородов в кимберлитовых трубках происходила снизу вверх фильтрационным способом по микротрещинам в породах и зонах тектонических нарушений (рис.1). В данном случае при движении смеси углеводородов происходит процесс хроматографической дифференциации, в результате которой осуществляется обогащение мигрирующего газа легкокипящими компонентами.

Изучение изотопного состава углерода метана дает возможность проследить закономерности его изменения и сделать выводы об условиях его генерации. Изотопный состав углерода метана ($\delta^{13}\text{C}$) в кимберлитовых трубках и вмещающих карбонатных породах варьируется от -48,2 до -20,7‰ [9]. Как показали многочисленные исследования, контрастность кинетического изотопного эффекта и его зависимость от температуры значительно смазаны и прослеживается лишь общая тенденция в утяжелении изотопного состава углерода метана с глубиной. Анализ полученных данных изотопных исследований показывает, что среди всех исследованных газов Якутской алмазональной провинции [1, 3 и др.] выделяются две группы. Первая – группа термокаталитической генерации углеводородов, соответствует интервалу значений $\delta^{13}\text{C}$ от -48,2 до -35,2‰. Газы второй группы отличаются более высоким содержанием тяжелого изотопа углерода ($\delta^{13}\text{C}$) в метане от -33,9 до -20,7‰. При этом, объем проб второй группы составляет 66,7% всего объема опробований на изотопию. Очевидно, что метан второй группы образовался на глубинах более 10 км, отвечающих интервалам высоких температур, т.е. области глубокого синтеза метана.

Источником CH_4 первой группы является зона каталитической генерации углеводородов (глубины 2,5–3,0 км), в которой изотопный состав газа отражает суммарный эффект каталитической зоны и глубинного синтеза. В этой же зоне происходит образование и тяжелых углеводородов, $\delta^{13}\text{C}$ которых составляет $40,0 \pm 0,2$ ‰.

Следует подчеркнуть, что чем выше изотопный показатель углерода, тем больше интенсивность вертикальной миграции углеводородов (в первую очередь метана) для региона. Это еще одно убедительное доказательство, что кимберлитовые трубки являются своеобразным гидрогеологическим «окном» для гидравлической связи между различными интервалами пород осадочного чехла. Если сравнить отдельно изотопные показатели газов алмазных месторождений провинции, то можно заметить, что интенсивность миграционных процессов в разрезе Далдыно-Алаkitского района значительно выше, нежели

чем в Мало-Ботуобинском алмазональном районе.

Азот является постоянным компонентом газовой смеси с содержаниями до 90–99% (абс). Считалось, что основное количество азота имеет воздушное происхождение. Действительно, часть азота попала в верхнюю часть земной коры до периодов похолоданий через подземные воды зон интенсивного водообмена. Последующие повторяющиеся периоды понижений температур способствовали консервации части газов в верхних этажах криолитозоны. В то же время существуют данные о том, что азот, содержащийся в закрытых порах и полостях изверженных пород, сингенетичен и имеет глубинный генезис. По данным К.К.Макарова [1969], азот, содержащийся в газах трубки Удачной, на 93% по аргон-азотному коэффициенту «безвоздушный» [5]. Это позволило увязать его образование с разрушением азотсодержащих компонентов нефти в гипергенной зоне.

Изучение природной газонасыщенности алмазональных трубок Западной Якутии показало, что в составе компонентов газовой смеси всех форм нахождения присутствует постоянно незначительное количество водорода. В кимберлитах выделяется две его генерации – эпигенетическая и сингенетическая. Образование водорода на больших глубинах или в магматических очагах обусловлено различными реакциями, в которых наибольшее значение отводится воде, выступающей в роли донора. При окислении закисного железа, углерода, окиси углерода или углеводородов происходит восстановление водорода. Образование свободного и растворенного водорода также связывается с воздействием магматического расплава на органическое вещество (ОВ) осадочных толщ чехла, электрохимическими реакциями или бактериальным брожением нефти.

Внутри и вблизи рудных тел разные формы нахождения водорода сопряжены со значительными изменениями кимберлита в процессе карбонатизации и серпентинизации. Данное генетическое представление об этом компоненте вполне увязывается с временной этапностью внедрения кимберлитовых расплавов, в частности, по трубке Удачной-Восточной. Здесь ураганные содержания водорода были приурочены к последней фазе внедрения кимберлитов, которой свойственны несерпентинизированные разности пород с натровыми карбонатами поздней гидротермально-метасоматической стадии становления [4, 8]. Сорбированные (кимберлитов) и свободные газовые скопления в замкнутых коллекторах этой части рудного тела с неизменным оливинам можно рассматривать как сингенетические, т.е. образованные совместно с длительным этапом формирования трубок в процессе многофазного внедрения кимберлитового расплава на месторождении. Изотопный состав углерода метана спонтанного выделения из этой части трубки колебался от -2,04 до -2,44‰, что свидетельствует об его эндогенной природе и «консервации» летучих компонентов в кимберлите. При рассмотрении состава газа в серпентинизированных кимберлитах можно отметить совершенно иную картину. В породах трубки Удачной-Западной до глубины 750 м содержание водорода не превышает 0,15% и только ниже повышалось в от-

дельных пробах до 0,86%. Эти данные указывают на интенсивный массоперенос, преобразование минерального вещества кимберлитов с выносом углеводородов в верхние части разреза и дегазацию горного массива.

Прогнозирование газонасыщенных зон при строительстве и эксплуатации подземного рудника «Удачный» является важной задачей с позиции обеспечения безопасности ведения горных работ. Следует ясно понимать, что нельзя сравнивать газоопасность на рудных и угольных месторождениях, где газообильность разрабатываемых угольных пластов на порядки выше, при этом повсеместно отмечаются газодинамические явления в добычных забоях. Оценка газоопасности разрабатываемых породных и рудных массивов на месторождении должна осуществляться в несколько этапов с использованием комплекса всех данных для долгосрочного (регионального) и краткосрочного (локального) прогноза. Продолжительность долгосрочного прогноза должна оцениваться периодом 3–5 лет, а краткосрочного – от суток до первых месяцев.

Общие представления о геологическом строении, структуре и генезисе кимберлитовых тел, данные о фильтрационных показателях вмещающих пород и кимберлитов разных алмазных месторождений Якутии говорят о том, что «трубки взрыва» и нарушенные разрывными дислокациями прилегающие блоки осадочного чехла могут являться своеобразными «гидравлическими окнами» в подземной гидросфере, по которым мигрируют подземные флюиды из глубоких горизонтов и прилегающих областей. К примеру, при вскрытии кимберлитоконтролирующей тектонической зоны в межтрубном пространстве на горизонте -380 абс. м во время проходки ВВК фиксируемые водопритоки достигали 80 м³/час, что свидетельствует о прямой связи между ниже распространенным наиболее водообильным среднекембрийским водоносным комплексом и горной выработкой. Через зону тектонических нарушений газонасыщенные рассолы нижерасположенного комплекса мигрировали в отработываемое пространство рудника из сопряженных областей, обладающих высокими фильтрационно-емкостными показателями. В течение двух месяцев в забое ВВК газовая обстановка оставалась сложной со значительным превышением ПДК по взрывоопасным газам, при этом дальнейшая проходка выработки была приостановлена. Поэтому требуется обязательный учет этого важного структурно-тектонического фактора для краткосрочного и долгосрочного (регионального) прогноза при отработке глубоких горизонтов месторождения с оценкой газо- и водопритоков в подземные горные выработки.

Каждая форма скопления (нахождения) горючих газовых смесей создает определенные сложности и влияет на безопасность производства подземных работ. На общем состоянии воздушной атмосферы строящегося рудника, в большей части, сказывается интенсивность притока подземных вод в горные выработки с поступающими совместно растворенными газами. Выделяющиеся из рассолов горючие газы создают основной фон газонасыщенности (и ПДК) в забоях, буровых нишах, тупиковых выработках и вблизи зумпфов, закопшек, насосных и др. Газы, выделяющиеся из подземных вод месторождения, по своему

составу отнесены к 1-ой категории взрывоопасных смесей.

Свободные газовые проявления струйного и суффлярного типов в подземных выработках строящегося рудника, приуроченные к трещинным зонам, относятся к газодинамическим явлениям и считаются наиболее опасными. Они встречались и отмечаются при шпуровом обустройстве забоев в вертикальных стволах (ВВС, СС, КС), наклонных съездах, квершлагах и других горных выработках. В то же время характер газопоявлений данного типа имеет спорадическое распространение на месторождении с ярко выраженной нисходящей интенсивностью от нескольких сотен л/мин до нулевых значений. Данный тип газодинамических явлений, в основном, связан со вскрытием трещинных проницаемых зон, приуроченных к дизъюнктивным дислокациям регионального плана. Подземный рудник «Удачный» обоснованно отнесен к рассоло- и нефтегазоопасным объектам, где безопасность по газовому фактору регламентируется «Специальными мероприятиями...», 2013» [11].

К настоящему времени считается доказанным, что в той или иной форме существует пространственная связь между глубинными разломами и проявлениями кимберлитового магматизма. В.А.Милашев [10] показал, что ведущим фактором в размещении кимберлитовых полей является степень нарушенности монолитности пород фундамента, которая может служить показателем проницаемости земной коры для кимберлитовых магм и эндогенных газов. Наиболее благоприятными для внедрения кимберлитов являлись участки пересечения и оперения глубинных разломов, то есть разломные узлы. В частности, отмечается приуроченность кимберлитовых трубок к площадям, где формируются пересечения разновозрастных и разнотипных глубинных разломов, образующих сложные сочетания блочного строения осадочного чехла.

Известно, что формирование разломной зоны в осадочных толщах редко доходит до заключительной стадии, знаменующейся появлением магистрального сместителя, а также о значительном влиянии слоистости деформируемых толщ на ширину зоны разлома. Вследствие этого, даже при наличии единого сместителя в фундаменте, разлом в платформенном чехле, как правило, представляет собой широкую зону развития закономерно ориентированных локальных разрывных нарушений и трещиноватости породных толщ.

При подготовке блоков подземного рудника к отработке и при документации скважин представляется необходимым производить качественную экспертную оценку инженерно-геологических свойств этих блоков и литологических подразделений разреза для более корректного прогноза газового режима при проектировании и проходке инженерных сооружений. Для учета разных возможных ситуаций рекомендуется использовать несколько блоков показателей с различающимися параметрами. Наиболее простая методика такой оценки инженерно-геологических свойств скального массива предложена Окамото и Аки [2] и широко используется при проектировании и проходке различных сооружений в Японии и других странах.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Пример такой оценки приведен в табл.3 (первый и второй блоки). Литологический фактор (третий блок) также играет существенную роль в оценке возможного газового режима участка. Особенно следует обра-

щать внимание на контакты разнородных пород, их кавернозность или трещиноватость. Важное значение для экспертной оценки при прогнозе газового режима имеет и обводненность пород (четвертый блок).

Таблица 3

Экспертная оценка при прогнозе газовой опасности обрабатываемого участка (зоны)

1. Классификация скального основания

Фактор	Категория	Уточнения, характеристики
Твердость пластинки породы	A	Твердая (при ударе молотком дает искры)
	B	Отчасти твердая, отчасти с пониженной твердостью, в целом с несколько пониженной твердостью (раскалывается при сильном ударе молотком)
	C	С низкой твердостью (полностью разрушается при ударе молотком)
Расстояние между трещинами	I	Более 50 см
	II	От 50 до 15 см
	III	Менее 15 см
Состояние трещин	a	Плотно сжатые
	b	Открытые
	c	С глинистым или другим заполнением
Зоны повышенной трещиноватости и зоны разломов	d	Менее 5-10 см, развороты блоков, милониты и катаклазиты, окварцевание, пиритизация

2. Оценка скального основания

Оцениваемый литологический интервал	Оценка	Комбинации категорий
A	Хорошо	Ala, Alb, Bla, Blb
B	Посредственно	Alc, Alla, Allb, Blc, Blla, Bllb, Cla
C	Довольно плохо	Allc, Clb, Clc, Clla, Cllb
D	Плохо	Прочиекомбинации

3. Литологический фактор оценки газового режима

Фактор	Категория	Уточнение, характеристика
Присутствие контакта между породами одинакового состава	1	Контакты внутри однородных литологических разновидностей пород
Присутствие контакта между породами разного состава, рифовые постройки	2	Контакты между литологически различающимися породами
Присутствие контакта между массивными и трещиноватыми породами	3	Контакт между известняками, доломитами, мергелями и глинистыми сланцами
Присутствие контакта между массивными и кавернозными породами	4	Контакты между однородными или разнородными породами

4. Гидрогеологический фактор оценки газового режима тектонических нарушений

Фактор	Категория	Уточнение, характеристика
Сухие контакты пород и плоскостей трещин	1(I)	Полное отсутствие свободной воды в породе
Слабо обводненные контакты пород и плоскости трещин	2(II)	Присутствие воды на контактах пород и в плоскостях трещин. Общий дебит – до 10 м ³ /час
Средне обводненные зоны контактов пород и плоскости трещин	3(III)	Общий дебит – 10-50 м ³ /час
Сильно обводненные зоны контактов пород и плоскости трещин	4(IV)	Общий дебит – более 50 м ³ /час

5. Общая экспертная оценка при прогнозе потенциальной газовой опасности участка (зоны)

Фактор	Категория	Уточнение, характеристика
Потенциально безопасный	I (I)	Ala, Alb, Bla, Bib, 1, 1(I)
Потенциально слабо опасный	II(II)	Alc, Alla, Allb, Blc, Blla, Bllb, Cla, 2, 2(II)
Потенциально опасный	III(III)	Allc, Clb, Clc, Clla, Cllb, 3, 3(III)
Потенциально очень опасный	IV(IV)	Allc, Clb, Clc, Clla, Cllb, d, D, 4, 4(IV)

На основе анализа имеющихся геологических материалов по вскрываемым участкам, которые могут создать в дальнейшем газоопасную обстановку в горных выработках, необходимо проводить систематизацию (ранжирование) и представлять применяемые критерии с их количественной оценкой. Характерные элементы представленной системы обобщенных показателей с их количественным представлением разделяются и по значимости. Набор используемых критериев определяет газоопасность того или иного участка и позволяет осуществлять районирование по каждому признаку с последующим картографическим отображением. Этот подход к районированию с разделением по значимости и последующим установлением границ опасных участков для каждого критерия и далее по обобщенному показателю существенно увеличивает эффективность предлагаемой методики прогноза газовыделений. Пример районирования и апробации предложенной методики прогноза выполнен для Удачинского ГОКа при оценке перспективности участков для удаления рассолов [8].

По характеру выделения газов на месторождении здесь наблюдаются практически все виды газопроявлений: от газоотдачи жидкостей (нефти, вод) и пород, газовых струй до внезапных выбросов, как правило, вместе с рассолами. Интенсивность водогазопроявлений на месторождении варьируется в широких пределах и достигает $200 \text{ м}^3/\text{час}$. Наиболее интенсивные выделения газа происходили при вскрытии разрывных нарушений. Имеющиеся в настоящее время данные убедительно свидетельствуют о пространственной приуроченности всех сосредоточенных газопроявлений и значительной части нефтебитумопроявлений в телах трубки к ослабленным трещиноватым зонам и кавернозным пустотам. В пределах Западного рудного тела некоторые газопроявления были приурочены к структурно-тектоническим полостям, заполненным водно-газовой смесью под давлением. Размеры полостей изменяются от 1 до 5-10 м. Вскрытие таких полостей сопровождается выбросами газированных рассолов.

Можно предполагать, что сеть геологоразведочных и других скважин, пробуренных на месторождении, привела к дегазации имевшихся крупных скоплений свободных газов и снизила вероятность их встречи при последующих подземных горных работах на верхних подкарьерных горизонтах. Установлено, что газопроявления на месторождении приурочены, как правило, к водо- и нефтегазоносным горизонтам или участкам и происходят в выработках и опережающих скважинах при их проходке. Поэтому при бурении разных скважин, а также при проходке вскрывающих (стволов и квершлагов) и других капитальных выработок наиболее вероятны интенсивные газопроявления, что обуславливает необходимость применения соответствующего комплекса профилактических мероприятий.

Основной и наиболее распространенной формой газовыделений при освоении месторождения трубки «Удачная» является газоотдача подземных

вод. При этом газообильность выработок определяется притоком рассолов, их газонасыщенностью и газоотдачей. Не следует ожидать значительных по интенсивности выделений газов из нефтеносных пород вследствие их ограниченной распространенности и низкой газоносности. Интенсивность и состав сосредоточенных газовыделений из «ловушек» не поддается в настоящее время прогнозированию. При этом в начальные периоды таких выделений нельзя исключить значительных содержаний водорода в их составе.

Анализ имеющихся к настоящему времени материалов по газоносности месторождения трубки «Удачная» и газопроявлениям при его освоении позволяет сделать следующие выводы:

1. Рудник «Удачный» обоснованно отнесен к опасным по выделениям взрывчатых газов и нефти и к неопасным по выделению сероводорода. Для обеспечения газобезопасности при строительстве и эксплуатации разработаны и должны выполняться специальные мероприятия газового режима при ведении горных работ [11].

2. Газонасыщенность вмещающих пород, руд и природных рассолов месторождения является невысокой, что потребует при организации проведения выработок применения стандартного оборудования для подачи воздуха и методов контроля состава атмосферы рудника, аналогичных применяемым на руднике «Интернациональный», с дополнением средствами оценки взрывоопасности многокомпонентных газовых смесей.

3. Одной из особенностей при освоении месторождения трубки «Удачная» является значительная встречаемость сосредоточенных газовыделений в разломных зонах, иногда с повышенным содержанием водорода в начальный период. Это следует учитывать при разработке профилактических мероприятий и ведении подземных горных работ.

4. В связи с оригинальностью коллекторских свойств слагающих месторождение формаций, включая наличие «ловушек», и отсутствием количественных оценок газовыделений при их вскрытии, а также газоотдачи нефтеносных пород, необходимо доизучение его газового фактора при ведении разведочных и подземных горных работ. Предложенная качественная и количественная оценка факторов нефтегазоопасности участков (зон) позволит осуществлять детальное районирование месторождения и выделять наиболее значимые объекты при прогнозе для горнопроходческих и добычных работ.

Литература

1. Геология, гидрогеология и геохимия нефти и газа южного склона Анабарской антиклизы / Е.И. Бодунов, В.Л. Белецкий, Г.С. Фрадкин и др. – Якутск: Изд. ЯФ СО АН СССР, 1986. – 176 с.
2. Геологические структуры. 1990. Под ред. Т. Уемуры, Ш. Мицунати. М.: Недра. – 292 с.
3. Бодунов Е.И., Изосимова А.Н., Зуева И.Н. и др. Геохимическая характеристика газов и нефтей Ботуобинского района Якутии // Геология нефти и газа. – 1981. – № 8. – С. 20 – 28.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

4. Дроздов А.В., Егоров К.Н., Готовцев С.П., Климовский И.В. Особенности гидрогеологического строения и гидрохимической зональности кимберлитовой трубки «Удачная» // Комплексные мерзлотно-гидрогеологические исследования. – Якутск: ИМ СО АН СССР. – 1989. – С. 145 – 155.

5. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. – Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008. – 507 с.

6. Дроздов А.В., Мельников А.И. Особенности строения многофазных кимберлитовых трубок (на примере трубки Удачной) // Маркшейдерия и недропользование. – 2009. – № 1. – С. 31 – 38.

7. Дроздов А.В., Мельников А.И. Мероприятия по борьбе с газодинамическими явлениями при строительстве подземного рудника «Удачный» // Вестник ИргТУ. – 2014. – № 6. –

С. 87 – 95.

8. Дроздов А.В., Мельников А.И. Районирование территорий при выявлении криогенных структур, перспективных для закачки дренажных рассолов (на примере Якутии) // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 2. – С. 45 – 51.

9. Кравцов А.И., Иванов В.А., Бобров В.А. и др. Изотопный состав углерода битумных и газовых проявлений в кимберлитовых телах // В сб. VII Всесоюз. симп. по стаб. изотопам в геохимии. – М. – 1978. – С. 252 – 254.

10. Милашев В.А. Структуры кимберлитовых полей. – Л.: Недра, 1979. – 187 с.

11. Специальные мероприятия газового режима при ведении горных работ на подземном руднике «Удачный» в условиях газонефтепроявлений (выпуск 3) / А.В.Дроздов, А.В.Боланёв, М.К.Сороченко и др. – Мирный: Мирнинская городская типография, 2013. – 172 с.

Александр Викторович Дроздов, канд. геол.-мин. наук, зав. лабораторией горно-геологических проблем разработки месторождений, институт Якутнипроалмаз, АК «АЛРОСА», республика Саха (Якутия), г.Мирный, тел.: (41136) 92038, E-mail: drosdovav@list.ru;

Александр Иванович Мельников, д-р геол.-минер. наук, вед. научн. сотр. ФБГУН Институт земной коры СО РАН, г.Иркутск, тел.: (3952) 428273, E-mail: mel@crust.irk.ru

УДК 622.771:622.273

М.В.Рыльникова, А.Б.Юн, И.В.Терентьева

ОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ГОРНОГО И ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВ НА ЖЕЗКАЗГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ*

*Работа выполнена в рамках государственного контракта Российского научного фонда – грант № 14-37-00050

Дана характеристика геомеханической ситуации, сложившейся на Жезказганском месторождении в результате применения в течение длительного времени камерно-столбовой системы разработки с оставлением междуканальных целиков (МКЦ). Обоснован переход к повторной разработке с закладкой выработанного пространства. Рассмотрена возможность применения технологии утилизации отходов переработки руд в выработанном пространстве с применением вертикальных сгустителей, расположенных в подземном пространстве рудника.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: закладка выработанного пространства; отходы добычи руды; отходы переработки руд; подземный закладочный комплекс; вертикальный сгуститель; флокулянт; технологическая схема.

M.V.Rylnikova, A.B.Yun, I.V.Terentyeva

ABOUT UTILIZATION OF WASTES MOUNTAIN AND CONCENTRATING PRODUCTIONS ON THE ZHEZKAZGANSKY DEPOSIT

Description of the geomechanical situation developed on the Zhezkazgansky deposit as a result of application during great time of rib-and-pillar of development with leaving of interchamber with spurns (ICS) is given. Passing is reasonable to the repeated development with the bookmark of mine-out space. Possibility of application of technology of utilization of wastes of processing of ores is considered in mine-out space with the use of the vertical thickeners located in underground space of mine.

KEY WORDS: bookmark of mine-out space; ore production waste; waste of processing of ores; underground bookmark complex; vertical thickener; flocculant; flowsheet.

Опыт разработки Жезказганского месторождения свидетельствует о том, что наличие больших объемов подземных выработанных пространств дестабилизирует геомеханическую ситуацию региона. Дальнейшая производственная деятельность предприятия зависит от оперативности и эффективности разработки и внедрения в практику системы разработки с закладкой выработанного пространства.

Стабилизирующая роль закладки проявляется в

следующем:

– приостановка процесса разрушения целиков за счет возникновения бокового подпора закладкой (рис.1);

– ограничение высоты зоны обрушения и остановка процесса обрушения за счет забутовки пустот закладкой.

Заложенные участки, на которых разрушение МКЦ остановлено закладкой, способны предотвра-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

титель развитие площадных обрушений на обширных залежах. При этом будет происходить только плавное оседание земной поверхности. Закладка в данном случае выполняет роль барьерных целиков (БЦ). На незаложенных залежах обрушение налегающей толщи развивается на большую мощность вплоть до образования провала на земной поверхности. На заложенных залежах обрушение быстро затухает по высоте за счет забутовки (рис.2).

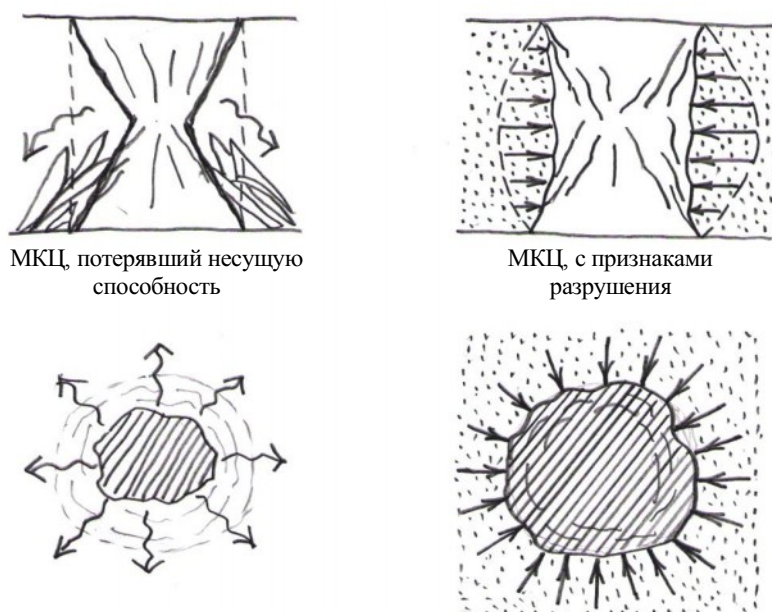


Рис. 1. Приостановление разрушения МКЦ путем закладки за счет предотвращения осыпания и создания бокового подпора



Рис. 2. Развитие обрушения до поверхности на незаложенных участках и затухание в толще пород на заложенных участках

Оптимальным материалом для закладки выработанных пространств (пустот) являются отвальные хвосты флотации, т.к. позволяют применять гидрозакладку и не требуют значительных затрат на подготовку инертных материалов. Однако анализ проектов разработки рудных месторождений свидетельствует о том, что только в 15% проектов предусмотрено какое-либо использование отходов добычи и переработки руд. И это при том, что утилизация техногенного сырья все более утверждается в качестве важного компонента минерально-сырьевого баланса, а развитие технологии утилизации, складирования техноген-

ного сырья в выработанных пространствах на поверхности в недрах земли или при использовании в качестве компонента закладочной смеси, является неотъемлемой инновационной составляющей приоритетного направления рационального природопользования.

Применение отходов обогащения и переработки руд для управляемой селективной утилизации в выработанных пространствах карьеров или для закладки подземных выработанных пространств (камер) позволяет сократить количество и объем занимаемых экологически опасных хвостохранилищ, а в некоторых случаях исключить необходимость в их потребности. Так, например, использование хвостов обогащения для гидравлической (ОАО «КМА руда») и твердеющей (Учалинский ГОК, Гайский ГОК, Норильский никель) закладки подземных камер позволяет существенно сократить затраты на формирование искусственного массива [1, 2, 3].

К достоинствам таких схем следует отнести использование доступного дешевого наполнителя смесей, утилизацию хвостов и, как следствие, сокращение налога за размещение отходов, снижение негативного экологического воздействия на окружающую среду. Недостатками является высокая энерго- и материалоемкость операций обезвоживания компонентов в закладочной смеси.

В результате исследований, проведенных специалистами ИПКОН РАН при поддержке Программы фундаментальных исследований отделения наук о Земле РАН ОНЗ-3 [4], был разработан алгоритм реализации технологической схемы закладки подземного выработанного пространства обезвоженными хвостами обогащения руд (рис.3).

Данная технология позволит транспортировать обводненные текущие хвосты обогащения на сотни километров и сгущать их непосредственно вблизи закладочного подземного пространства, что решит проблему закладки на отдаленных от обогатительных фабрик рудниках.

Таким образом, одной из задач, решение которой необходимо для реализации закладки выработанного пространства, является размещение в подземном выработанном пространстве комплекса оборудования, обеспечивающего требуемые реологические свойства закладочной смеси и необходимую производительность.

Анализ мирового опыта процессов сгущения тонкодисперсных материалов, указал на то, что для сгущения хвостов обогащения в подземных выработках наиболее целесообразны вертикальные сгустители, нашедшие применение в зарубежной практике сгущения хвостов на поверхности. Вертикальные сгустители способны осуществить процесс обезвоживания до 60% при сравнительно небольших габаритных размерах. Однако прецедентов по установке и эффективной работе вертикальных сгустителей в подземных выработках в российской практике до настоящего времени не было.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

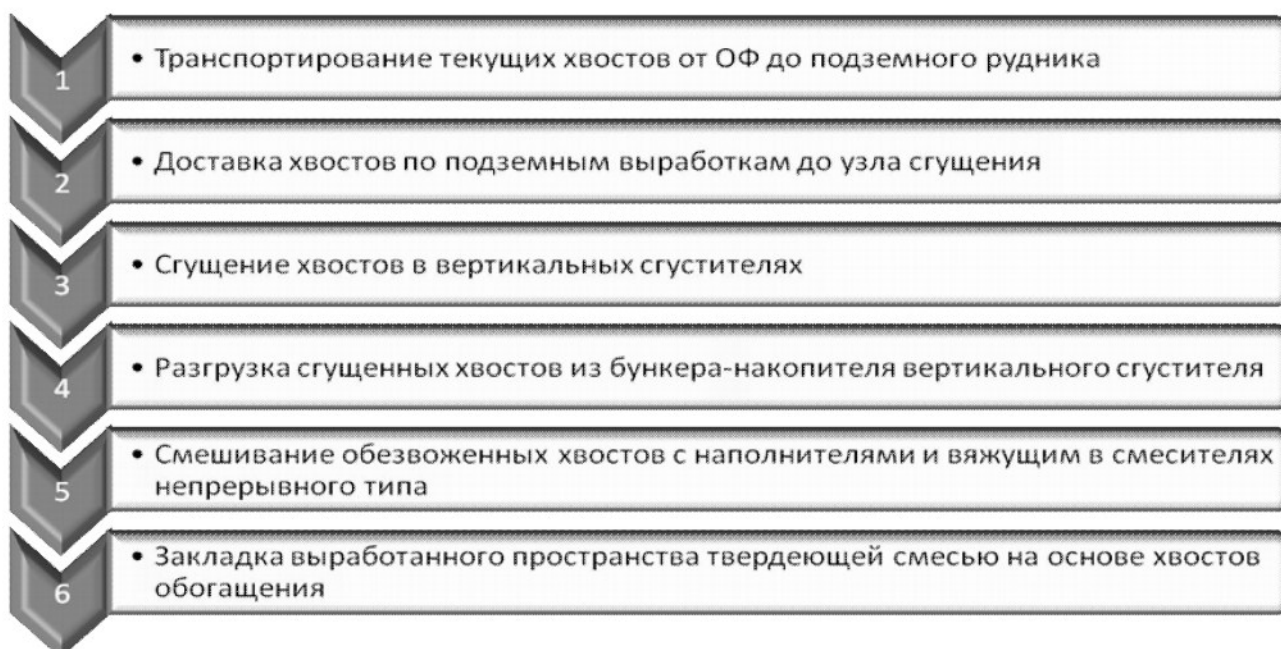


Рис.3. Алгоритм реализации технологической схемы закладки подземного выработанного пространства обезвоженными хвостами обогащения руд

Расположение сгустителя в вертикальном пространстве подземных выработок ведет к созданию мобильных закладочных комплексов. Внедрение в практику проектирования горных предприятий, осуществляющих разработку рудных месторождений подземным способом, модульных закладочных комплексов позволит:

- расширить область применения систем разработки с твердеющей закладкой;
- существенно экономить электроэнергию на подготовку компонентов закладочной смеси;
- снизить расход вяжущих, в том числе цемента;
- в краткие сроки ликвидировать подземные пустоты, провалы и деформации земной поверхности при комбинированной разработке рудных месторождений;
- сократить травматизм и обеспечить безопасность подземных горных работ.

Доказано, что использование мобильных комплексов качественно меняет возможности, условия применения и принципы проектирования систем подземной разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства. Передвижной закладочный комплекс характеризуется небольшими габаритами, низким энергопотреблением и может перемещаться вслед за развитием фронта горных работ, в том числе на другие участки и рудные залежи. Приготовление закладочной смеси в подземных условиях позволяет отказаться от подъема на поверхность пустой породы и шахтных шламов. Отпадает необходимость строительства стационарного крупногабаритного поверхностного комплекса, а также бурения, оснастки и эксплуатации многокилометровой сети закладочных скважин.

Приготовление закладочных смесей на основе текущих хвостов обогащения руд позволит снизить затраты на приготовление закладочной смеси и производство закладочных работ, включающие затраты

на транспортирование, складирование или утилизацию их в выработанных пространствах подземных горных выработок.

Одной из самых затратных процессов при подготовке хвостов обогащения к закладочным работам, то есть пульпы текущих хвостов поступающих от обогатительной фабрики с соотношением твердого и жидкого как $T : Ж = 80:20$, является их сгущение.

Сгущение предусматривают функции удаления избыточной технологической воды, необходимой для обеспечения напорного и самотечного транспорта, из состава пульпы хвостов. Требование к влажности текущих пульпы хвостов находится обычно в пределах от 10 до 20%. Основными аппаратами для обезвоживания пульпы хвостов являются горизонтальные и вертикальные смесители непрерывного действия, вакуумные фильтры или пресс-фильтры, конструкции которых подробно рассмотрены в работах [5].

В настоящее время ПО «ЖЦМ» осуществляет гидрозакладку выработанных пространств под инженерными сооружениями на поверхности хвостами ОФ №3. Однако, объемы закладки ($Q_{cp} = 120$ тыс. м³/год) на порядок ниже, по сравнению с объемом прироста пустот в целом по месторождению (5-5,5 млн м³/год).

Для стабилизации геомеханической ситуации и доработки прилегающих к ослабленным районам запасов руды необходимо заложить 35 млн м³ пустот. Для ликвидации возможных площадных обрушений с угрозой для жизни людей необходимо заложить 9,2 млн м³ пустот. Наиболее опасные ослабленные районы, требующие безотлагательной закладки, составляют 2,8 млн м³ пустот.

В качестве закладочного материала ПО «ЖЦМ» может использовать:

- лежалые «хвосты» хвостохранилища ОФ №3. Для этого потребуется разработка технологии их репульпации, проектирование, строительство перекачных станций и т.д.;

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

– текущие «хвосты» ОФ №1, 2. Для этого требуется перекинуть их до рудничной площадки. Для этого необходимо строительство пульпопровода (30 км) и нескольких перекачных станций.

Использование отходов добычи и переработки руд для закладки выработанного пространства будет иметь для Жезказганского месторождения не только экономические, но и социальные последствия. Сокращение объемов складированных отходов на поверхности позволит:

– во-первых, снизить затраты, связанные со складированием и хранением отходов горного и обогащенного производств;

– во-вторых, уменьшит негативное воздействие горных работ на экологию региона за счет исключения миграции элементов в окружающую среду вследствие природного выщелачивания, сегрегации и седиментации, выветривания, эрозии, пыления, оседания, обрушения и др.

Стратегическое значение предлагаемого подхода заключается в обеспечении устойчивой эксплуатации объектов Жезказганского месторождения при снижении экологической нагрузки регион. В конечном счете широкое использование передового опыта и инновационных геотехнологий недропользования позволит повысить экологическую безопасность и социально-экономические условия жизни населения региона.

Литература

1. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья / К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия, Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова; Ин-т проблем комплексного освоения недр РАН. М.: Наука, 2010. 437с.
2. Закладка выработанных пространств рудников с применением вертикальных сгустителей / В.В. Олизаренко, Р.Х. Шарипов, И.С. Туркин// Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ» 2013. С. 206-210;
3. Закладочные работы в шахтах. Справочник/Под ред. Бронникова Д.М., Цыгалова М.Н. -М.: Недра, 1989. – 400 с.
4. Рыльникова М.В., Ангелов В.А., Туркин И.С. Обоснование технологической схемы и комплекса оборудования для утилизации текущих хвостов обогащения в выработанном подземном пространстве. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельные статьи (специальный выпуск №1). – 2014. – М.: издательство «Горная книга». – С. 62-69.
5. Ахмедьянов И.Х. Оценка рыночного потенциала технологий утилизации некондиционного сырья в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений / Петрова О.В., Рыльникова М.В. // Маркшейдерский вестник, 2012. № 5. С. 5-8.

Марина Владимировна Рыльникова, д-р.техн.наук, проф.,
зав.научным отделом ИПКОН РАН, E-mail: rylnikova@mail.ru;
Александр Борисович Юн, канд.техн.наук, директор
ОО «КазГидроМедь»;
Ирина Владимировна Терентьева, геолог
ОО «КазГидроМедь»

Уважаемые коллеги!

Приглашаем принять участие во Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья», которая будет проводиться в период с 29 февраля по 4 марта 2016 года в г. Тюмень. Организаторами традиционно выступают Некоммерческое партнерство «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело», Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России», Негосударственное образовательное частное учреждение «Центр дополнительного образования «Горное образование».

Для участия в конференции приглашены руководители и специалисты Северо-Уральского управления Ростехнадзора, Управления Росприроднадзора по Тюменской области, Управления по недропользованию по Тюменской области, нефтегазодобывающих организаций ЯНАО, ХМАО, Тюменской области, научных, проектных и учебных организаций региона.

Получить информацию об условиях участия, программе и докладчиках, а также о дополнительных мероприятиях можно на сайте www.twork.su, по тел.: (495) 641-00-45; (499) 263-15-55 или e-mail: smr@twork.su; gorobr@inbox.ru.

Редакция «МВ»

УДК 622.1 + 528.1

Е.А.Красильникова, А.В.Зубов

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ГРУБООШИБОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Рассмотрены различные алгоритмы поиска грубых ошибок, использующие поправки из уравнивания. Приведена эффективность данных методов при поиске одной и нескольких ошибок на примере нивелирной сети.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поиск грубых ошибок; метод наложения графиков поправок; метод нормированных поправок; метод наименьших модулей; робастные методы.

Е.А.Krasilnikova, A.V.Zubov

COMPARISON OF ALGORITHMS OF SEARCH OF GROSS ERRORS MEASUREMENTS IN SURVEYOR GEODESIC NETWORKS

Various algorithms of detecting gross errors using residuals from adjustment are considered. The efficiency of these methods in case of detecting one and more outliers is given on the example of levelling network.

KEY WORDS: detection of gross errors; the method of superposition of graphs of residuals; the method of normalized residuals; the least modules method; robust methods.



Е.А.Красильникова



А.В.Зубов

Достоверные маркшейдерско-геодезические данные требуются в различных областях производства. Даже среди качественно произведенных измерений остается

вероятность появления грубых ошибок, которые искажают конечный результат и влекут за собой дополнительные временные и материальные затраты на производство повторных наблюдений.

Существующие методы поиска грубых ошибок можно условно разделить на две группы: 1) отбраковка грубых ошибок перед уравниванием и 2) по результатам уравнивания, которые в свою очередь делятся на 2.1) методы, использующие статистические тесты для анализа результатов, полученных по методу наименьших квадратов (МНК), и 2.2) робастные или устойчивые методы, основанные на минимизации влияния грубоошибочных измерений на оценки, получаемые при уравнивании сети.

Отбраковка грубых ошибок перед уравниванием заключается в проверке условий: например, для условия фигур: отклонение суммы измеренных углов в плоском треугольнике от 180° должно быть не более допустимой величины:

$$W_{\text{доп}} = 2.5m\sqrt{3}, \quad (1)$$

где $W_{\text{доп}}$ - допустимая невязка; m - СКО измерения угла в треугольнике; 2.5 - нормирующий множитель для доверительной вероятности $p=0,988$.

В настоящее время измерительная информация собирается автоматизированными методами и в громадном объеме, при этом выявление грубых ошибок уже затруднительно осуществлять вручную с помощью проверки различного рода условий. В работе рассмотрены методы, основанные на анализе поправок из уравнивания, так как использование их для целей выявления промахов более целесообразно - они позволяют выявлять меньшие по величине грубые ошибки, чем при использовании невязок условных

уравнений [4]. Проблемы, возникающие при поиске грубых ошибок по поправкам, связаны с особенностью метода наименьших квадратов (МНК), которая заключается в том, что на формирование каждой поправки оказывают влияние ошибки всех измерений. Проиллюстрируем данное свойство, произведя преобразования параметрического уравнения поправок:

$$V = AX + L = A(-N^{-1}A^T PL) + L = (E - AN^{-1}A^T P)L = GL, \quad (2)$$

где A - матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок; X - вектор-столбец поправок в предварительные значения определяемых величин; N - матрица коэффициентов нормальных уравнений; L - матрица свободных членов уравнений поправок; E - единичная матрица; G - матрица линейных преобразований. Таким образом, грубая ошибка не всегда соответствует измерению с максимальной поправкой, так как распределение ошибок определяется и геометрией сети, то есть матрицей G . По этой причине целесообразно использовать те методы идентификации грубых ошибок, в которых фигурирует данная матрица.

Наиболее известным из них является метод отбраковки по нормированным поправкам, основы которого были заложены W.Baarda [7]. Критерием отбраковки служит выражение:

$$\frac{|V_i|}{t\sqrt{K_{V_{i,i}}}} \geq 1, \quad (3)$$

где V_i - значение поправки из уравнивания; $K_{V_{i,i}}$ - диагональный элемент ковариационной матрицы поправок; t - нормирующий множитель. Отбраковке подлежит то измерение, для которого значение критерия максимально. Связь с матрицей G прослеживается здесь через ковариационную матрицу поправок, которая вычисляется как:

$$K_V = m_0^2 P^{-1} G^T, \quad (4)$$

где m_0 - априорная ошибка единицы веса (константа, принятая до уравнивания); P - весовая матрица.

Недостаток метода заключается в том, что при наличии нескольких грубых ошибок в сети её уравнивание и процедуру проверки на грубую ошибку необ-

ходимо выполнить несколько раз.

Другим известным методом, использующим матрицу G и позволяющим ослабить названный недостаток, является метод наложения графиков поправок [2]. Достоинством его является и то, что он позволяет работать с предполагаемыми («чистыми») ошибками измерений, а не с искаженными их влиянием поправками. Значения предполагаемых ошибок вычисляются приближенно через диагональные элементы матрицы G . Затем вычисляются псевдопоправки в каждое измерение, зависящие от предполагаемых ошибок:

$$v_{ij} = -G_{ij} \Delta_j, \quad (5)$$

где v_{ij} - вычисленные псевдопоправки; Δ_j - значение предполагаемой («чистой») ошибки j -го измерения. Если бы в j -м измерении не было бы грубой ошибки, то псевдопоправка была бы малой случайной величиной, а их совокупность (вычисленных для всех $j=n$ измерений) формировала бы i -ю поправку. При наличии грубой ошибки в j -м измерении псевдопоправки перестают быть случайными величинами – они оказывают определяющие воздействия на формирование всех поправок. Основываясь на этом, автор [2] предложил сравнивать полученные из уравнивания значения поправок с псевдопоправками, вычисленными при поочередном предположении о том, что грубая ошибка находится в $1, 2, \dots, n$ измерении. Графической интерпретацией метода является наложение графиков поправок из уравнивания и псевдопоправок для случая каждого предположения. Грубая ошибка содержится в том измерении, для которого совпадение этих графиков наилучшее [2]. Математической формой критерия выявления грубой ошибки служит

$$\delta_j \leq \delta_{don}, \quad (6)$$

где $\delta_j = \sqrt{\frac{P_i(V_i - v_{ij})^2}{n}}$ - СКО псевдопоправок от поправок из уравнивания; $\delta_{don} = m_0 \sqrt{\frac{r}{n}}$ - допустимое

СКО; r – число избыточных измерений; n – число измерений.

Модификация метода наложения графиков поправок позволяет выявлять несколько грубых ошибок сразу, при этом значения предполагаемых ошибок находят из решения системы из k уравнений, где k – количество одновременно выявляемых грубых ошибок ($k \leq r$). Достоинством одновременного поиска нескольких грубых ошибок является ускорение их нахождения, а недостатком – увеличение количества вычислений: для того, чтобы проверить сеть на наличие комбинаций ошибок необходимо сделать $C_k^n = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ предположений о местонахождении комбинации.

В настоящее время идет развитие робастных методов (*robust* – сильный, устойчивый), которые могут быть использованы как для уравнивания сетей, содержащих грубые ошибки измерений, так и для нахождения грубых ошибок и последующего уравнивания по МНК. Главное достоинство робастных методов

– возможность получать эффективные оценки в случае отклонения ошибок от нормального распределения (например, наличия грубых ошибок) [1]. Принято деление робастных оценок на несколько групп. В соответствии с классификацией Хампеля [5] выделяют следующие основные классы оценок: L – линейные комбинации порядковых статистик; M -оценки обобщенного максимального правдоподобия; R -оценки, полученные в ранговых критериях. Получение всех робастных оценок основано на минимизации некоторой целевой функции, отличной от целевой функции МНК. Например, среди L -оценок наиболее известен метод наименьших модулей (МНМ), целевая функция которого имеет вид:

$$\Phi_{МНМ} = \sum_{i=1}^n p_i |v_i| = \min, \quad (7)$$

где p_i – значение веса i -го измерения; v_i – поправка в i -е измерение. Так как связь между измеренными величинами и определяемыми параметрами в геодезических сетях, как правило, нелинейна, то для того, чтобы найти минимум целевой функции, можно применять либо нелинейные алгоритмы, либо метод квадратично-взвешенных приближений. Чаще используют второй метод, который сочетает достоинства параметрического уравнивания по МНК – простоту и достоинство робастных оценок – устойчивость. Метод квадратично-взвешенных приближений основан на решении способом итераций с использованием целевой функции МНК, для которой веса – не постоянные величины, а рассчитываются, исходя из вида целевой функции робастной оценки. Решение выполняется до достижения сходимости результатов. Среди оценок последнего приближения грубоошибочные измерения будут иметь минимальный вес, а значение поправки будет равно величине грубой ошибки.

Находя минимум специально подобранной параболы (целевой функции МНК), осуществляется и нахождение минимума робастной целевой функции $\rho(V)$. Подбор параболы осуществляется за счёт расчёта весов по весовой функции, которая зависит от функции влияния. Например, для МНМ эти функции имеют следующий вид:

$$\omega(V) = \frac{\phi(V)}{2V} = \frac{p}{2} \cdot \frac{1}{|V|}; \quad (8)$$

$$\phi(V) = \frac{d\rho(V)}{dV} = p \cdot \frac{V}{|V|} = p \cdot \text{sgn}(V), \quad (9)$$

где $\omega(V)$ - весовая функция; $\phi(V)$ - функция влияния; $\rho(V)$ - целевая функция МНМ; V - поправка из уравнивания; p - первоначальное значение веса, получаемое при первичной обработке по МНК.

Основоположением использования робастных оценок в статистике Хьюбером было доказано, что M -оценки являются самыми общими, так как все прочие оценки ищутся на их основе [6]. В качестве целевой функции используется непрерывная и ограниченная функция, имеющая глобальный минимум. Кроме того, она должна удовлетворять требованиям:

$$\begin{aligned} \rho(0) &= 0 & \rho(V) &\geq 0 \forall V & \rho(-V) &= \\ &= \rho(V) & \rho(V_1) &\geq \rho(V_2) \text{ при } |V_1| \geq |V_2|. \end{aligned} \quad (10)$$

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Среди многочисленных M -оценок были выбраны четыре для исследования их эффективности: Функция Хьюбера [6], «Альтернатива МНМ», «Правило альтернативы» и функция Эдуола [8]. Характеристики данных оценок сведены в таблицу (табл.1).

Для практического исследования были выбраны

следующие методы: метод нормированных поправок, метод наложения графиков поправок, МНМ и M -оценки, представленные в таблице. Для сравнения их эффективности была смоделирована нивелирная сеть III класса (рис.1).

Таблица 1

Характеристики исследуемых M -оценок

M -оценка	Целевая функция	Функция влияния	Оценочная функция	Константа c
ALAD («Альтернатива МНМ»)	$p\sqrt{V^2 + c^2}$, где p – вес, V – поправка из уравнивания	$\frac{pV}{\sqrt{V^2 + c^2}}$	$\frac{p}{2\sqrt{V^2 + c^2}}$	0,001
HU (Функция Хьюбера)	$\begin{cases} \frac{1}{2}pV^2, V \leq c \\ p\left(c V - \frac{c^2}{2}\right), V > c \end{cases}$	$\begin{cases} pV, V \leq c \\ pc \cdot \text{sgn } V, V > c \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{1}{2}p, V \leq c \\ \frac{1}{2}p \frac{c}{ V }, V > c \end{cases}$	0,012
CRA («Правило альтернативы»)	$-\exp\left(-\frac{V^2}{2\sigma_0^2}\right)$, где σ_0 – априорное СКО измерения	$pV \cdot \exp\left(-p \frac{V^2}{2}\right) p = \sigma^{-2}$	$\frac{1}{2}p \cdot \exp\left(-p \frac{V^2}{2}\right)$	—
AD (Функция Эдуола)	$\sigma_0^2 \cdot \ln(\sigma^2 + V^2)$, где σ – апостериорное СКО единицы веса	$\frac{2V\sigma_0^2}{\sigma^2 + V^2}$	$\frac{\sigma_0^2}{\sigma^2 + V^2}$	—

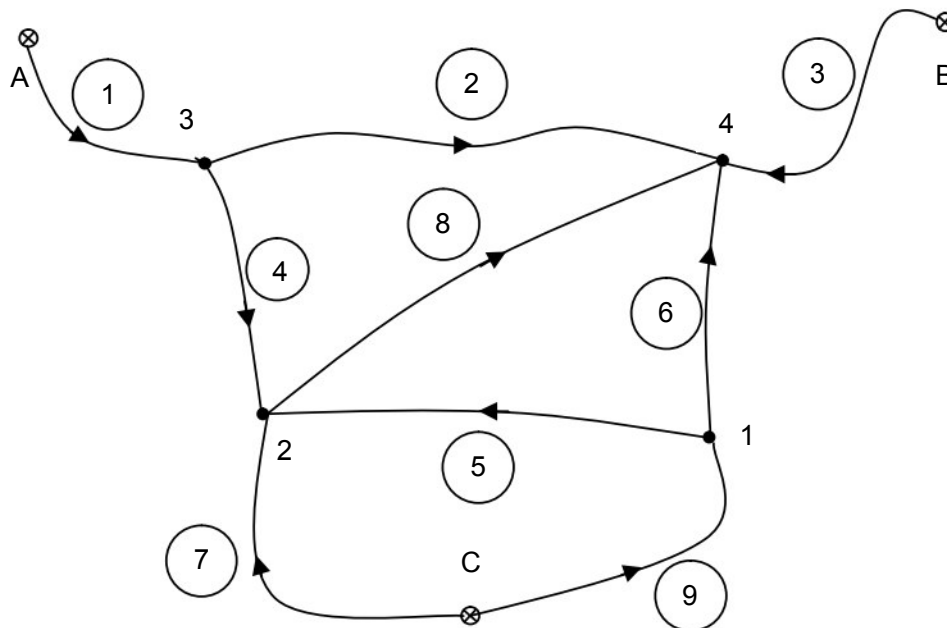


Рис.1. Тестируемая сеть нивелирования

В превышения вводились грубые ошибки, связанные с внутренней надёжностью [7] коэффициентом k (формула 11):

$$\Delta_{\Gamma_i} = k \cdot \Delta_{\min_i} \quad (11)$$

$$\Delta_{\min_i} = \frac{t \cdot m_i}{\sqrt{G_{i,i}}}, \quad (12)$$

где Δ_{Γ_i} – величина вводимой грубой ошибки; k – коэффициент (в работе использовались 4 значения: 0,95; 1,00; 1,10 и 1,25, т.е. закладывались малые грубые ошибки, начиная от приближающихся к грубым); $\Delta_{\min_i}$ – величина внутренней надёжности измерения; t – нормирующий множитель для выбранной довери-

тельной вероятности; m_i – СКО измерения; $G_{i,i}$ – диагональный элемент матрицы G (или частная избыточность измерения [3]).

Для нахождения одной грубой ошибки для каждого метода было произведено 36 циклов вычислений, а для находений комбинации из двух ошибок – 144 цикла.

МНГП рассматривался в сравнении с методом нормированных поправок и показал следующие результаты (рис.2).

На основании их анализа можно сделать вывод о том, что МНГП в случае малой величины закладываемой грубой ошибки более эффективен, чем способ нормированных поправок. МНГП был исследован

и на возможность обнаружения двух ошибок, при этом было найдено 70-73% комбинаций. Недостатком метода является то, что в некоторых случаях комбинацию ошибок невозможно обнаружить, а можно лишь свести к группе из n измерений. Достоинством одновременного поиска нескольких ошибок является ускорение процесса их обнаружения.

При исследовании МНМ выяснилось, что в случае одной грубой ошибки он обеспечивает 100%-ю эффективность её нахождения, однако, при наличии двух ошибок она падает до 56%.

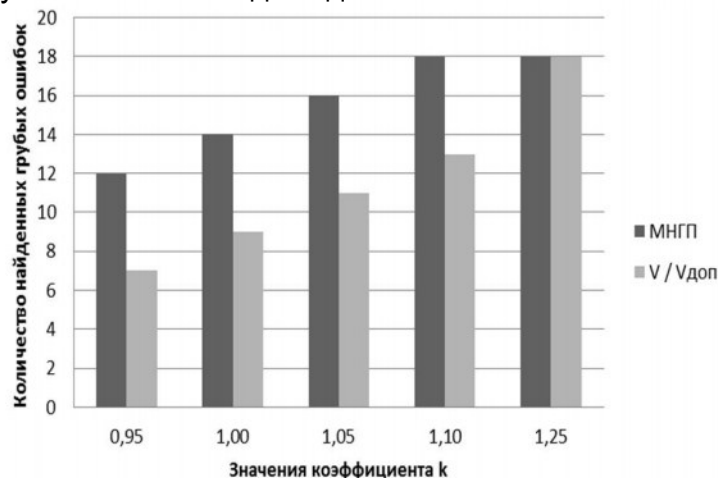


Рис.2. Сравнение МНГП и метода нормированных поправок

Эффективность M -оценок определялась по двум критериям: СКО робастных оценок от несмещённых МНК $\Delta h = \sqrt{\frac{[h_{МНК} - h_{роб}]^2}{n}}$; и проценту компенсации величины грубой ошибки поправкой: $g = \left| \frac{V_{роб}}{\Delta_{Г}} \right| \cdot 100\%$.

На диаграммах представлены средние значения данных критериев для случая поиска одной ошибки (рис.3, рис.4).

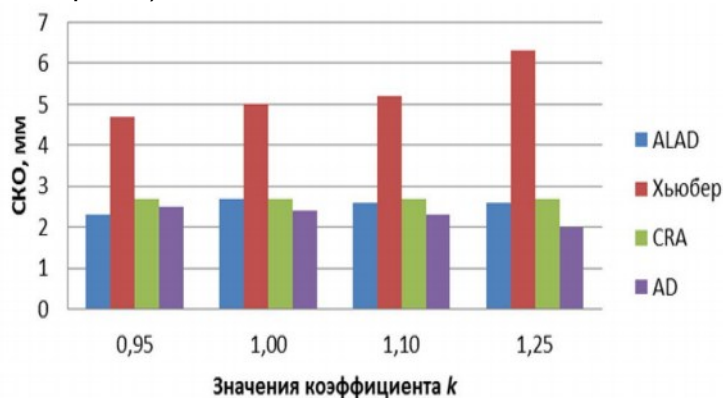


Рис.3. СКО робастных оценок от несмещённых МНК-оценок

Наилучшим из рассмотренных методов является метод Эдуола, характерной особенностью которого является близость робастных оценок к несмещённым МНК-оценкам. Его достоинством является и то,

что он устраняет влияние грубой ошибки почти на 90%. Наилучшие результаты при поиске комбинаций двух ошибок были получены с использованием «Правил альтернативы» (найденно порядка 80% комбинаций). Можно отметить и то, что M -оценки лучше приспособлены для нахождения комбинаций грубых ошибок, чем МНМ.

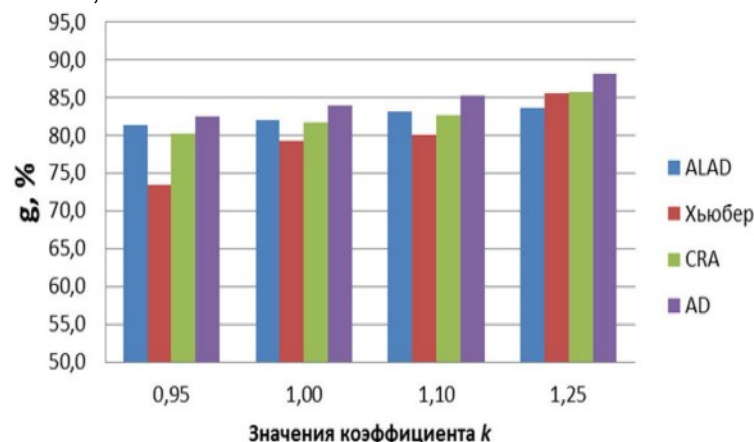


Рис.4. Процент компенсации грубой ошибки поправкой

В заключение можно сделать вывод о том, что не существует универсального метода и каждый рассмотренный метод хорош для определенного случая поиска ошибок. Поэтому представляется перспективной разработка алгоритма комплексного поиска грубых ошибок, позволяющего сочетать достоинства перечисленных методов.

Литература

1. Авдюшев В.А. Метод наименьших модулей и его эффективность при обработке измерений с ошибками различного распределения / В.А. Авдюшев, А.Д. Мезенцева // Известия высших учебных заведения. Физика – 2012. - № 10/2. – с. 68-76.
2. Дьяков Б.Н. Поиск грубых ошибок измерений методом наложения графиков поправок / Б.Н. Дьяков, Ю.В. Родионова // ГеодезистЪ. - 2002. - № 4. - с. 22-24.
3. Зубов А.В. Точность и контролируемость измерений / Маркшейдерское дело и геодезия. С-Пб., изд. СПбГИ, 1997. с. 70-72.
4. Когуля В.А. Сравнение методов обнаружения и идентификации ошибок измерений // Геодезия и картография. – 1998. - №5. – с. 23-27.
5. Робастность в статистике. Подход на основе функция влияния: пер. с англ. / Хампель Ф. Рончетти Э., Рауссэу П., Штаэль В. – М.: Мир, 1989
6. Хьюбер Дж.П. Робастность в статистике: пер. с англ. – М.: Мир, 1984
7. Baarda W. A testing procedure for use in geodetic networks. // Netherlands Geodetic Commission. -1968. -V.2. -N. 5. - P. 28-35.
8. Mieczysław Kwaśniak. Effectiveness of chosen robust estimation methods compared to the level of network reliability // Geodesy and cartography. – 2011. - №1. – с. 3-19.

Екатерина Андреевна Красильникова, аспирантка строительного факультета, тел. (812) 328-84-13, E-mail: kraskat.01@yandex.ru;
 Андрей Владимирович Зубов, канд.техн.наук, доцент кафедры Инженерной геодезии, тел. (812) 328-84-13, E-mail: zaw@spti.ru
 (Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» г.Санкт-Петербурга)

УДК 622.276; 622.279

О.В.Волков, С.Э.Никифоров

ОБ УСТРОЙСТВЕ ОПОРНЫХ РЕПЕРОВ НА УСТЬЯХ ЛИКВИДИРУЕМЫХ СКВАЖИН**(в порядке обсуждения)**

Предложено использование бетонной тумбы, устанавливаемой на устье ликвидируемой скважины, для оборудования пунктов маркшейдерско-геодезической сети при разработке месторождений углеводородного сырья. Показано, что в зоне многолетней мерзлоты такие пункты могут быть использованы при производстве маркшейдерско-геодезических, гравиметрических, геофизических и других видов съемок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разработка месторождений углеводородного сырья; производство маркшейдерско-геодезических работ; пункт маркшейдерско-геодезической сети; устье ликвидируемой скважины; бетонная тумба.

O. V. Volkov, S. E. Nikiforov

ABOUT DEVICE OF SUPPORTING REFERENCE POINTS ON MOUTHS OF THE LIQUIDATED MINING HOLES

Use of the concrete curbstone established on the mouth of the liquidated mining hole for the equipment of points of a surveying and geodetic network when developing fields of hydrocarbonic raw materials is offered. It is shown that in a permafrost zone such points can be used by production of surveying and geodetic, gravimetric, geophysical and other types of shootings.

KEY WORDS: development of hydrocarbonic raw materials deposits; production of surveying and geodetic works; point of a surveying and geodetic network; the mouth of the liquidated well; concrete curbstone.

Согласно пункту 1292 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», на устье ликвидируемой скважины устанавливается бетонная тумба, на которой закрепляется репер¹⁾ с металлической таблицей, на которой электросваркой указываются: номер скважины, дата ее ликвидации, месторождение (площадь), организации – пользователи недр.

Возможность использования такой тумбы для оборудования пунктов опорной маркшейдерско-геодезической сети (далее – ОМГС) рассматривалась и обсуждалась не однократно. Например, в [1] предложена конструкция тумбы, обеспечивающая её устойчивость от влияния морозного пучения в условиях вечной мерзлоты, позволяющая выполнять принудительное центрирование геодезических инструментов при производстве измерений, а также использовать её в качестве опорного радиолокационного отражателя при аэрокосмической радиолокационной интерферометрической съемке.

Сегодня при закладке центров пунктов ОМГС руководствуются «Правилами закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей» (1992). При этом, в отдельных физико-географических условиях, выполненная по всем правилам закладка центра не всегда обеспечивает его стабильное высотное положение (рис.1).

**Рис.1. Выпущенный пункт ГГС**

В то же время, опорные пункты маркшейдерско-геодезической сети должны быть стабильны в течение всего времени эксплуатации месторождения.

На месторождениях в зоне многолетней мерзлоты перед закладкой центров пунктов выполняют инженерно-геологическую разведку, которая предполагает следующие виды работ и исследования:

- маршрутное рекогносцировочное обследование;
- бурение скважин глубиной от 18 до 23 метров (в зависимости от назначения центра пункта - пункт ОМГС, фундаментальный репер, грунтовый репер и т.п.);
- отбор образцов грунтов не реже, чем через 1 м и лабораторные определения их физико-механических свойств, химический анализ водных вытяжек;

- отбор проб подземных вод и определение их химического состава;

- геотемпературные наблюдения (измерение температуры грунтов по глубине скважины после её выстойки по [2]).

Все пробуренные скважины документируются, указываются границы залегания подвидов и (или) разновидностей грунтов по [3], границы многолетне-мерзлых пород, уровень подземных вод.

По результатам инженерно-геологической разведки определяется окончательная глубина закладки обсадной колонны и самого центра пункта.

В целях оптимизации затрат на закладку пунктов ОМГС на горных отводах предлагается использовать конструкцию тумбы, в которой кондуктор устья ликвидированной скважины (разведочной, поисковой, поисково-оценочной и наблюдательной) применяют как центр векового репера глубокого заложения (рис.2).

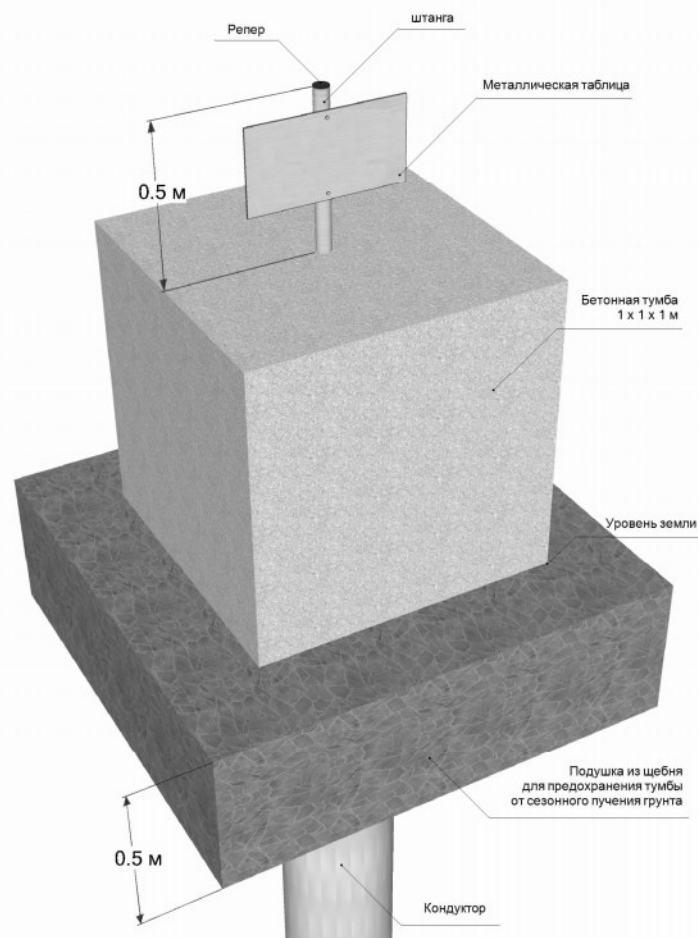


Рис.2. Общий вид устья скважины (с установленной тумбой и репером) по окончании её оборудования

Конструкция репера соединяется с установленной на кондукторе (технической колонне) заглушкой (или глухим фланцем), которой оборудовано устье ликвидированной скважины. После монтажа репер располагается по центру бетонной тумбы над ее верхней гранью. В зависимости от характера решаемых производственных маркшейдерских задач марку можно заменять под приспособление для принудительного центрирования.

Подушка из гранитного щебня высотой 500 мм вокруг устья ликвидируемой скважины исключает воздействия сезонного пучения грунта, благодаря чему увеличивается срок сохранности тумбы.

Для исключения разрушения тумбы вследствие воздействия атмосферных явлений (осадков) при бетонных работах применяется несъемная металлическая опалубка, изготавливаемая из листовой стали, которая по углам и периметру укрепляется металлическим уголком. Проводятся сварочные работы. Для предотвращения заваливания тумбы опалубку патрубками из швеллера, крестообразно, приваривают к глухой технической колонне (кондуктору). Проводится окрашивание металла антикоррозийной краской.

Указанное устройство векового репера (глубина более 1200 мм) упрощает конструкцию пункта ОМГС, снижает затраты на его изготовление и монтаж, снижает воздействие на экологию.

При этом такие опорные глубинные репера в процессе разработки месторождений углеводородного сырья могут быть использованы:

- 1) как пункты ОМГС при производстве маркшейдерско-геодезических работ;
- 2) при ведении маркшейдерско-геодезического мониторинга за деформационными процессами;
- 3) при выполнении гравиметрических, геофизических и других видов съемок.

Литература

1. Конструкция универсальной тумбы, устанавливаемой на устье ликвидированной скважины // Патент на полезную модель № 87205.
2. ГОСТ 25358-2012 Грунты. Метод полевого определения температуры.
3. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.

¹⁾ В геодезии репером называют знак, который закрепляет определённую точку земной поверхности с известной абсолютной высотой

Олег Викторович Волков, заместитель начальника службы главного маркшейдера ООО «Газпром добыча Ямбург», тел.(3494)96-60-20;
Сергей Эдуардович Никифоров, канд.техн.наук, доцент кафедры геологии и маркшейдерского дела Института Горный НИТУ МИСИС, тел.(495) 667-34-49

УДК 528.44

Н.С.Копылова, А.Н.Полуянова

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ В ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЕМОВ ОБЪЕКТОВ

Рассматривается альтернативный классическим картометрическим методам метод среднего арифметического на языке программирования Visual Basic for Applications в Microsoft Office для определения объемов объектов по топографическим картам. Метод позволяет на основе программного продукта вычислять объем любого объекта по топографическим картам, разбив его на фигуры с двумя основаниями при условии ввода вручную координат точек вершин оснований. Использование данного метода может иметь широкое практическое применение в геодезических, кадастровых, гидрографических и др. работах, где часто возникает задача определения объемов объектов. Предложенная методика позволяет получать точные результаты в короткие сроки, что весьма важно в учебной и производственной деятельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: объем объекта; классический картометрический метод исследования; метод среднего арифметического; язык программирования; учебная и производственная деятельность.

N.S.Kopylova, A.N.Poluyanov

APPLICATION OF AUTOMATION IN TOPOGRAPHIC AND GEODESIC PRODUCTION AT DETERMINATION OF VOLUMES OF OBJECTS

The method of the arithmetical average using the programming language Visual Basic for Applications in Microsoft Office in estimation of the volumes of the objects on topographic maps is explored. The method based on the software product allows to calculate the volume of any object on topographic maps, dividing it into figures with two bases under condition of manual input of the coordinates of the top points of the bases. This method can be widely applied in geodesic, cadastral, hydrographic and other works, when a problem of the estimation the volumes of objects occurs. The proposed method allows to obtain accurate results in a short time, which is very important in studying process and production.

KEY WORDS: volume of the object; traditional method; method of arithmetical average; programming language; studying process, production.



Н.С.Копылова



А.Н.Полуянова

В современном мире, быстрый и качественный расчет геодезических параметров является необходимым условием для решения многочисленных

инженерных вопросов. Кроме точных натурных измерений большое значение имеют камеральные и картометрические работы. Выполнение картометрических работ – процесс трудоемкий и занимает большое количество времени. В рамках учебной и производственной деятельности часто возникает задача получения точного результата в быстрые сроки.

Для решения ряда прикладных, в том числе геодезических задач, инновационной является методика по определению картометрических параметров на основе процессов автоматизации, которая позволяет в короткие сроки получить результат высокой точности.

Так, в данной работе рассматривается метод среднего арифметического на языке программирования Visual Basic for Applications в Microsoft Office для определения объемов объектов по топографическим картам.

Постановка задачи

Разработать метод среднего арифметического на языке программирования Visual Basic for Applications в Microsoft Office для определения объе-

мов объектов по топографическим картам. Сравнить результаты вычислений и время, потраченное на выполнение работы, с другими классическими способами определения объемов объектов: аналитическим, графоаналитическим и вероятностно-статистическим.

Материалы и методы исследования

При работе с гипсометрическими, гидрологическими, климатическими и др. картами часто возникает необходимость подсчета объема каких-либо объектов или явлений.

Для получения объемов географических объектов используют аналитический, графический и вероятностно-статистический методы, которые считаются классическими в картометрических работах данной тематики [3,4,6]. Так, аналитический метод использует в качестве исходных данных площади поверхностей горизонтальных сечений географических объектов, которые могут быть определены в результате картометрических работ. Графический метод требует предварительного построения кумулятивной кривой. Вероятностно-статистический метод основан на использовании различных типов объемных палеток. Его основная идея заключается в представлении рассматриваемого объекта в виде суммы косоусеченных призм [5].

Специалистам топографо-геодезического направления наиболее близок способ вычисления объемов объектов методом среднего арифметического, поскольку позволяет работать с координатами объекта (рис.1) [1].

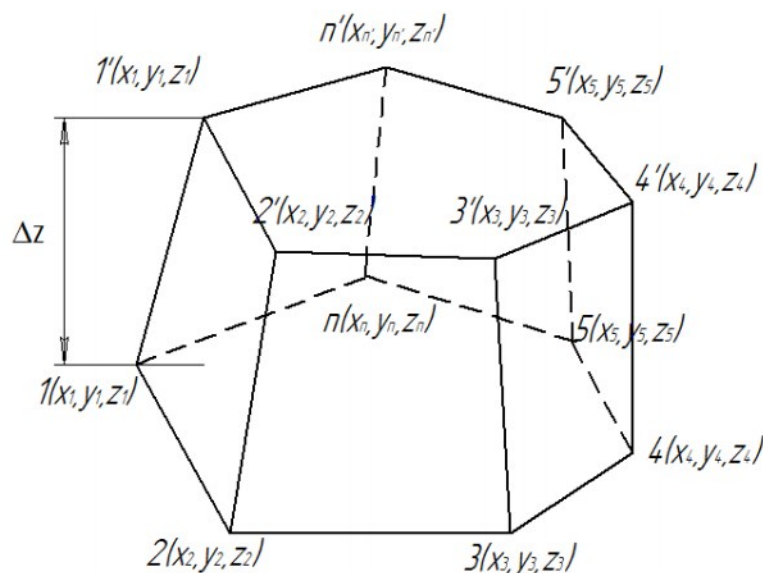


Рис.1. Схема к вычислению объема объекта методом среднего арифметического

Для подсчета объема объекта методом среднего арифметического, в первую очередь, необходимо вычислить площади верхнего F' и нижнего F оснований по формулам (1) и (2):

$$F' = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{n'} (x'_i \cdot y'_{i+1} - x'_{i+1} \cdot y'_i) \right|; \quad (1)$$

$$F = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_{i+1} - x_{i+1} \cdot y_i) \right|, \quad (2)$$

где x_i, y_i - координаты точки i нижней бровки; x'_i, y'_i - координаты точки i верхней бровки, n, n' - число контурных точек нижней и верхней бровок.

Во вторую очередь, необходимо найти среднюю разность высот верхней и нижней бровок Δz по формуле (3):

$$\Delta z = \left| \frac{\sum_{i=1}^n z}{n} - \frac{\sum_{i=1}^{n'} z'}{n'} \right|. \quad (3)$$

Далее необходимо вычислить объем объекта V по формуле (4):

$$V = \frac{1}{2} (F + F') \cdot \Delta z. \quad (4)$$

В качестве исходного материала рассматривалась учебная топографическая карта масштаба 1:10 000 У-34-37-В-в-4, объект исследования – гора Малиновская (рис.2).

Исходными данными служат координаты вершин оснований объекта, которые вводятся с клавиатуры самостоятельно. В качестве вершин выбраны точки в местах искривления контура объекта, а отрезки, соединяющие данные вершины, образуют ломаную линию, практически не отличающуюся от криволинейного контура [2].



Рис.2. Участок топографической карты масштаба 1:10 000

Необходимо ввести количество точек верхнего n' и нижнего n оснований и их координаты: x, y, z .

За начало координат следует принять ближайшее перекрестие километровой сетки. В качестве оснований необходимо выбрать области, ограниченные замкнутыми горизонталями. Исследуемый нами объект целесообразно разделить на две фигуры, следовательно, процедуру вычисления объема необходимо выполнить для каждой фигуры отдельно, а результаты сложить.

Алгоритм действий методики

1. Ввод количества точек n' верхнего и нижнего n оснований.
2. Ввод координат вершин оснований: x, y, z .
3. Вычисление площадей верхнего F' и нижнего F оснований.
4. Вычисление средней разности высот верхней и нижней бровок Δz .
5. Вычисление объема тела V .

Листинг программы

Листинг программы для вычисления объема тела методом среднего арифметического на языке программирования Visual Basic for Applications в Microsoft Office представлен в табл.1 [7].

Результаты работы программы представлены на рис.3 и рис.4.

Анализ результатов

В век информационных технологий создано большое количество программ, которые ускоряют процесс решения различных инженерных задач, в

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

том числе и геодезических. Так, на основе языка программирования Visual Basic for Applications в Microsoft Office предложен метод среднего арифметического для определения объемов объектов.

В ходе работы по топографической карте 1:10000 был подсчитан объем горы Малиновская различными методами. Результаты представлены в табл.2.

Таблица 1

```

Sub Объем()

Dim x1(100), y1(100), z1(100), x2(100), y2(100), z2(100)

n1 = Worksheets("лист1").Cells(2, 9)
n2 = Worksheets("лист1").Cells(3, 9)
For i = 3 To n1 + 3
x1(i - 2) = Worksheets("лист1").Cells(i, 1)
y1(i - 2) = Worksheets("лист1").Cells(i, 2): Next i
y1(n1 + 1) = y1(1): y1(0) = y1(n1)
p1 = 0
For i = 1 To n1
p1 = p1 + x1(i) * (y1(i + 1) - y1(i - 1)): Next i
p1 = Abs(p1) / 2
Cells(4, 9) = p1
For i = 3 To n2 + 3
x2(i - 2) = Worksheets("лист1").Cells(i, 5)
y2(i - 2) = Worksheets("лист1").Cells(i, 6): Next i
y2(n2 + 1) = y2(1): y2(0) = y2(n2)
p2 = 0
For i = 1 To n2
p2 = p2 + x2(i) * (y2(i + 1) - y2(i - 1)): Next i
p2 = Abs(p2) / 2
Cells(5, 9) = p2
For i = 3 To n1 + 3
z1(i - 2) = Worksheets("лист1").Cells(i, 3): Next i
dz1 = 0
For i = 1 To n1
dz1 = dz1 + z1(i): Next i
dz1 = dz1 / n1
For i = 3 To n2 + 3
z2(i - 2) = Worksheets("лист1").Cells(i, 7): Next i
dz2 = 0
For i = 1 To n2
dz2 = dz2 + z2(i): Next i
dz2 = dz2 / n2
Z = Abs(dz1 - dz2)
Cells(6, 9) = Z
V = 1 / 2 * (p1 + p2) * Z / 1000
Cells(7, 9) = V

EndSub

```

Таблица 2

Метод	Аналитический	Графоаналитический	Вероятностно-статистический	Среднеарифметический	Среднеарифметический (Microsoft Excel)
Объем объекта, км ³	0,0002195	0,0002245	0,0002135	0,0002181	0,0002181
Время выполнения работы, мин.	30	30	35	20	

Исходя из результатов табл.2, можно сделать вывод о том, что вычисление объемов объектов методом среднего арифметического является не только быстрым, по сравнению с другими методами, но и достаточно точным. Такое заключение было сделано на основании того, что наиболее точным из используемых классических методов вычисления объемов объектов является аналитический метод, а результат, получившийся методом среднего арифметического, отличается от него на 0.6%.

Для проверки корректности работы программы был произведен подсчет объема объекта в Microsoft Excel, путем введения в ячейки формул необходимых для вычисления. Результат исследуемого параметра при проверке в Microsoft Excel остался неизменным, что говорит о том, что код программы написан корректно. Полученный результат подтверждает надежность предложенного метода и говорит о возможности использования его в учебном и производственном процессе.

Литература

1. Баландин В.Н., Кладовиков В.М., Охотин А.Л. Решение геодезических и маркшейдерских задач на микрокалькуляторах. – М.: Недра, 1992. – 129 с.
2. Баландин В.Н. и др. Определение площадей земельных участков. – М.:Новости, 2005. – 112 с.
3. Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2011. – 467 с.
4. Волков Н.М. Принципы и методы картометрии. – М.: АН СССР, 1950. – 326 с.
5. Павлова О.А., Павлов В.И. Картография: Практикум. – СПб.: Горный университет, 2012. – 67 с.
6. Салищев К.А., Гедымин А.В. Картография. – М.: Географгиз, 1955. – 407 с.
7. Слепцова Л.Д. Программирование на VBA в Microsoft Office 2010. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 432 с.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Координаты верхнего основания			Координаты нижнего основания				
х	у	z	х	у	z	Количество вершин верхнего основания:	41
-0,40	0,06	157,5	-0,56	0,08	155	Количество вершин нижнего основания:	54
-0,38	0,05	157,5	-0,54	0,09	155	Площадь верхнего основания:	0,034
-0,36	0,04	157,5	-0,52	0,10	155	Площадь нижнего основания:	0,123
-0,35	0,03	157,5	-0,50	0,11	155	Средняя разность высот:	2,5
-0,34	0,02	157,5	-0,48	0,12	155	Объем объекта:	0,000196
-0,32	0,01	157,5	-0,46	0,12	155		
-0,30	0,00	157,5	-0,43	0,12	155		
-0,29	-0,01	157,5	-0,40	0,11	155		
-0,27	-0,01	157,5	-0,38	0,11	155		
-0,25	-0,01	157,5	-0,36	0,10	155		
-0,23	-0,02	157,5	-0,33	0,08	155		
-0,22	-0,02	157,5	-0,31	0,06	155		
-0,20	-0,02	157,5	-0,29	0,05	155		
-0,17	-0,03	157,5	-0,26	0,05	155		
-0,15	-0,03	157,5	-0,23	0,05	155		
-0,14	-0,05	157,5	-0,20	0,05	155		
-0,13	-0,06	157,5	-0,17	0,05	155		
-0,13	-0,08	157,5	-0,15	0,05	155		
-0,14	-0,10	157,5	-0,11	0,05	155		
-0,14	-0,11	157,5	-0,08	0,03	155		
-0,15	-0,13	157,5	-0,05	0,02	155		
-0,16	-0,14	157,5	-0,02	0,00	155		
-0,17	-0,15	157,5	-0,01	-0,03	155		
-0,18	-0,16	157,5	0,00	-0,06	155		
-0,20	-0,16	157,5	-0,01	-0,09	155		
-0,21	-0,15	157,5	-0,02	-0,11	155		
-0,23	-0,15	157,5	-0,02	-0,13	155		
-0,25	-0,15	157,5	-0,04	-0,16	155		
-0,27	-0,14	157,5	-0,36	-0,19	155		
-0,29	-0,14	157,5	-0,07	-0,21	155		
-0,31	-0,13	157,5	-0,08	-0,23	155		
-0,32	-0,13	157,5	-0,11	-0,25	155		
-0,35	-0,12	157,5	-0,14	-0,26	155		
-0,36	-0,10	157,5	-0,18	-0,26	155		
-0,37	-0,08	157,5	-0,20	-0,25	155		
-0,38	-0,07	157,5	-0,23	-0,23	155		
-0,39	-0,05	157,5	-0,26	-0,22	155		
-0,39	-0,02	157,5	-0,29	-0,22	155		
-0,40	0,00	157,5	-0,32	-0,21	155		
-0,41	0,02	157,5	-0,35	-0,21	155		
-0,42	0,03	157,5	-0,37	-0,19	155		
			-0,39	-0,18	155		
			-0,41	-0,16	155		
			-0,42	-0,14	155		
			-0,44	-0,12	155		
			-0,44	-0,10	155		
			-0,45	-0,07	155		
			-0,46	-0,04	155		
			-0,47	-0,03	155		
			-0,48	-0,01	155		
			-0,51	0,00	155		
			-0,53	0,01	155		
			-0,55	0,02	155		
			-0,56	0,05	155		

Рис.3. Результат работы программы

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Координаты верхнего основания			Координаты нижнего основания			
x	y	z	x	y	z	
-0,77	-0,1	159,7	-0,40	0,06	157,5	Количество вершин верхнего основания: 2
-0,67	-0,05	157,9	-0,38	0,05	157,5	Количество вершин нижнего основания: 41
			-0,36	0,04	157,5	Площадь верхнего основания: 0
			-0,35	0,03	157,5	Площадь нижнего основания: 0,034
			-0,34	0,02	157,5	Средняя разность высот: 1,3
			-0,32	0,01	157,5	Объем объекта: 0,0000221
			-0,30	0,00	157,5	
			-0,29	-0,01	157,5	
			-0,27	-0,01	157,5	
			-0,25	-0,01	157,5	
			-0,23	-0,02	157,5	
			-0,22	-0,02	157,5	
			-0,20	-0,02	157,5	
			-0,17	-0,03	157,5	
			-0,15	-0,03	157,5	
			-0,14	-0,05	157,5	
			-0,13	-0,06	157,5	
			-0,13	-0,08	157,5	
			-0,14	-0,10	157,5	
			-0,14	-0,11	157,5	
			-0,15	-0,13	157,5	
			-0,16	-0,14	157,5	
			-0,17	-0,15	157,5	
			-0,18	-0,16	157,5	
			-0,20	-0,16	157,5	
			-0,21	-0,15	157,5	
			-0,23	-0,15	157,5	
			-0,25	-0,15	157,5	
			-0,27	-0,14	157,5	
			-0,29	-0,14	157,5	
			-0,31	-0,13	157,5	
			-0,32	-0,13	157,5	
			-0,35	-0,12	157,5	
			-0,36	-0,10	157,5	
			-0,37	-0,08	157,5	
			-0,38	-0,07	157,5	
			-0,39	-0,05	157,5	
			-0,39	-0,02	157,5	
			-0,40	0,00	157,5	
			-0,41	0,02	157,5	
			-0,42	0,03	157,5	

Рис.4. Результат работы программы

Наталья Сергеевна Копылова, канд.геол.наук, доцент
кафедры Инженерной геодезии, тел. (812) 328-84-13,
E-mail: Ans_natasha@mail.ru;
Анна Николаевна Полуянова, студентка 3 курса
строительного факультета, тел. (812) 328-84-13,
E-mail: Anna_poluyanova@rambler.ru
(Национальный минерально-сырьевой университет
«Горный», г. Санкт-Петербург)

УДК 622.1:528.4

Г.В.Земских, Е.С.Базиляк, М.Ю.Васильев

АНАЛИЗ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ НА ПРОИЗВОДСТВО ПОДЗЕМНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ СРЕДСТВ И МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЙ

Рассмотрены вопросы организации маркшейдерской службы, являющейся одним из основных направлений деятельности маркшейдеров и необходимой для рационального недропользования. В условиях, когда увеличивается интенсивность горных работ, перед маркшейдерской службой ставятся задачи, требующие повышения производительности и оперативности труда. Эти задачи могут быть решены с помощью использования новых приборов и усовершенствованных методов ведения работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: организация маркшейдерской службы; численность штата; типовые структуры управления; техническое нормирование; горные подразделения; горнодобывающая промышленность; нормативная документация.

G.V.Zemsky, E.S.Bazilyak, M.Yu.Vassiliev

THE ANALYSIS OF EXPENSES OF TIME FOR PRODUCTION OF UNDERGROUND SURVEYING WORKS IN THE CONDITIONS OF MODERNIZATION OF MEANS AND MEASUREMENT TECHNIQUES

Questions of the organization of the surveying service which is one of the main activities of surveyors and necessary for rational subsurface use are considered. At a time when the intensity of mining operations increases, surveying are set tasks that require improved performance and efficiency of labor. These problems can be solved through the use of new devices and improved methods of work.

KEY WORDS: organization of surveying; number of staff; typical structure of management; technical regulation; mining division, mining industry; normative documents.



Г.В.Земских



Е.С.Базиляк



М.Ю.Васильев

Современное состояние маркшейдерского обеспечения горного производства в России характеризуется широким применением современных электронно-оптических приборов. Это обстоятельство способствует повышению производительности труда маркшейдеров, а это в свою очередь позволяет повлиять на численность и структуру штата маркшейдерской службы на горных предприятиях. Существующие, в настоящее время, методики расчета численности штата маркшейдерской службы позволяют выполнить требуемые расчеты в рамках использования оптико-механических приборов, однако не учитывают изменения норм времени на производство маркшейдерских работ при использовании современных приборов [3, 4]. В этой связи возникла необходимость в решении ряда задач по адаптации существующих методик для разрешения выявленных противоречий.

Одним из множества коллективов, оказавшихся в аналогичных обстоятельствах, является маркшейдерская служба АО «Апатит». Руководство предприятия обеспечило масштабное изменение приборного парка, что привело к изменению методик выполнения маркшейдерских работ. В частности на подземных рудниках широкое применение нашли электронные тахеометры, а на открытых работах – системы глобального позиционирования и лазерные сканирую-

щие системы.

В рамках поставленных задач был выполнен анализ методик расчета штата маркшейдеров, используемых на предприятии АО «Апатит». В результате анализа было установлено, что единственной методикой, которая может быть использована в сложившихся условиях, является методика, основанная на определении норм времени и выработки по отдельным операциям маркшейдерских работ [5].

Для определения норм времени на АО «Апатит» были выявлены основные виды работ, необходимые для полноценного функционирования предприятия (табл.1).

Таблица 1

Основные виды работ на Кировском руднике АО «Апатит»

№	Наименование работ	Количество заявок в месяц, шт	Доля от общего количества, %
1.	Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости	27	16,1
2.	Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости	31	18,5
3.	Съемка подробностей горных выработок	81	48,2
4.	Разметка буровзрывных вееров	18	10,7
5.	Передача высотных отметок на поэтажи	9	5,3
6.	Замер глубины скважин	2	1,2

Примечание: данные о видах выполняемых работ и их количестве были взяты из журнала технологических нарядов участка №3 Кировского рудника.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

На Кировском руднике традиционно все работы до настоящего времени производились следующим образом.

1. Для задания направления горным выработкам в вертикальной плоскости применяется оптический нивелир, с помощью которого закладывают стенные (боковые) реперы на расстоянии 1-1,5 м от проектного положения почвы выработки в одной параллельной плоскости с проектным уклоном, который выражается отношением разности отметок крайних точек к расстоянию между ними.

2. Для задания направления горным выработкам в горизонтальной плоскости применяется оптический теодолит, который устанавливают под точкой с известными координатами. Затем от известного направления откладывают проектный угол, по полученному направлению рулеткой откладывают горизонтальное расстояние и в кровле выработки временным маркшейдерским знаком отмечают исходную осевую точку проводимой горной выработки.

3. Съёмка подробностей горных выработок на Кировском руднике выполняется способом перпендикуляров. В горной выработке выставляют центральную ось (обычно натягивают нить от маркшейдерской точки до забоя), от которой через каждые два метра, выставляя перпендикуляры и двигаясь от маркшейдерской точки к забою, измеряют расстояния до боков выработки.

4. Разметка буровзрывных вееров выполняется при помощи тесьмянной рулетки, когда от маркшейдерской точки откладываются расстояния до боков выработки согласно проектным данным.

С появлением в маркшейдерском отделе электронно-оптических приборов (электронных тахеометров Trimble S), задание направления горным выработкам по горизонтали и по высоте стало выполняться с применением функции «Вынос проекта в натуру». Согласно этой методике координаты проектных точек, которые заранее помещаются во внутреннюю память прибора, переносятся на борта и кровлю выработок встроенным лазерным лучом (указателем).

С целью определения норм времени и выработки для основных видов работ были проведены хронометражные измерения и сделаны фотографии рабочего дня сотрудников маркшейдерского отдела. По результатам данных наблюдений были составлены графики зависимости затрат времени от количества повторяемых операций при использовании различных приборов (рис.1).

Как видно из графиков затраты времени на производство маркшейдерских работ с использованием новых приборов и методик съёмки сократились в среднем в 1,6...1,9 раза по сравнению с результатами, полученными по старым методикам. Кроме того, были определены среднемесячные значения норм выработки и норм времени, необходимых для обслуживания горных работ маркшейдерами [5] (табл.2).

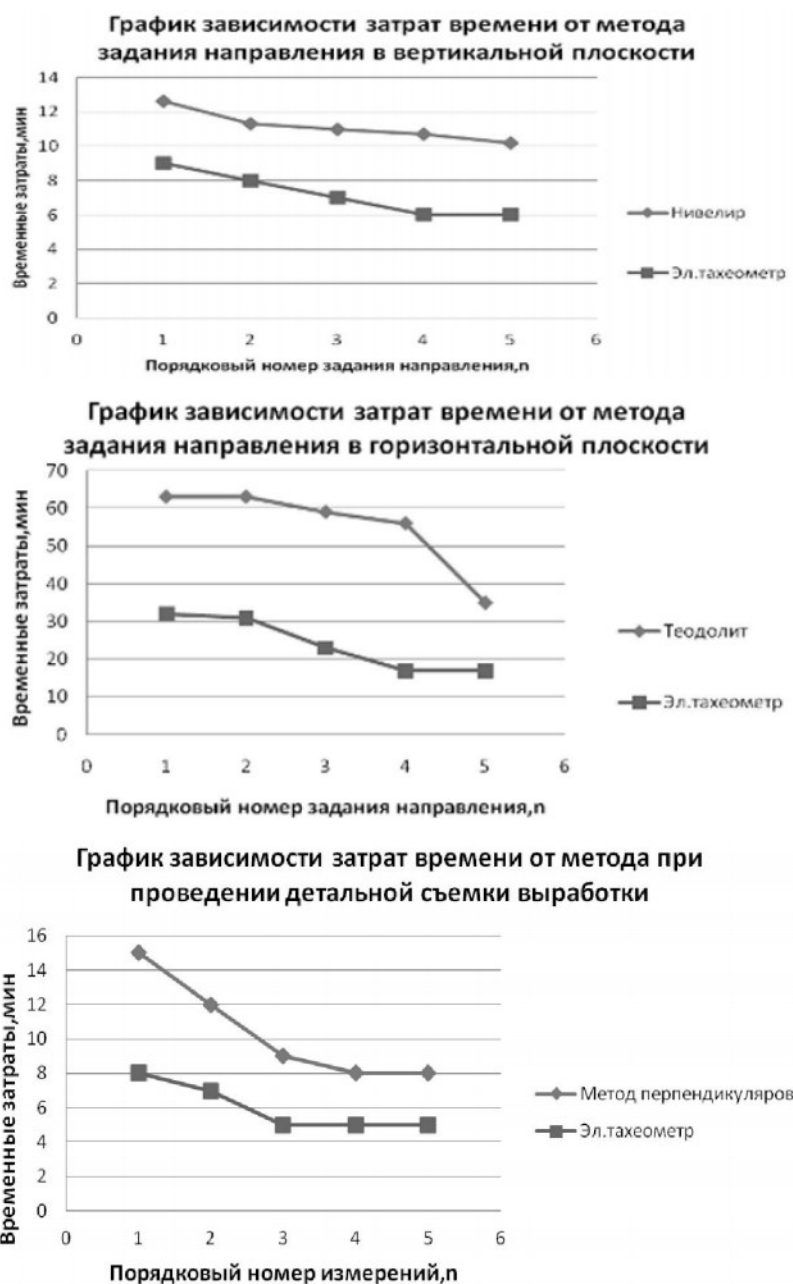


Рис.1. Зависимости затрат времени от количества выполненных подходов

Формулы для расчета норм выработки, норм времени и численности штата:

$$H_{\text{выр}} = (T_n - T_{\text{п.з.}}) / ((t_o + t_v)(1 + 0,01P_{\text{отд}})), \quad (1)$$

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{см}} / H_{\text{выр}}, \quad (2)$$

$$N = H_{\text{вр}} n_{\text{выр}} / (T - T_{\text{п.з.}}), \quad (3)$$

где $H_{\text{выр}}$ – норма выработки на выполнение маркшейдерских работ, ст. (станций); T_n – нормальная продолжительность рабочего дня, мин; $T_{\text{п.з.}}$ – затраты времени на выполнение подготовительно-заключительных операций, мин.; t_o – затраты времени на выполнение основных операций на единицу продукции, мин.; t_v – затраты времени на выполнение вспомогательных операций на единицу продукции, мин.; $P_{\text{отд}}$ – норматив времени на отдых в процентах от оперативного времени; $H_{\text{вр}}$ – норма времени, мин.; $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены, мин; N – число участковых маркшейдеров, эквивалентное количеству обслуживаемых маркшейдерами участков на предприятии; $n_{\text{выр}}$ – среднедействующее число очистных, основных и вспомогательных горных выра-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

боток; Т – месячный бюджет рабочего времени одного маркшейдера, мин.

Таблица 2

Результаты расчетов норм выработки, норм времени и численности штата

Наименование параметра	Используемые методики производимых работ	
	С применением старого оборудования	С применением нового оборудования
Норма выработки $N_{\text{выр. станций}}$	0,9	1,6
Норма времени – $N_{\text{вр, мин}}$	30,5	18,8
Численность штата $N_{\text{шт, чел}}$	24	15

По результатам расчетов следует отметить, что за счет сокращения затрат времени на выполнение отдельных операций, норма выработки увеличилась в 1,7 раза, а норма времени сократилась в 1,6 раза. Таким образом, применение новых приборов и методик выполнения маркшейдерских работ повышает производительность и оперативность труда.

Указанное повышение производительности труда позволяет пересчитать количество маркшейдеров, требуемое для выполнения маркшейдерских работ на Кировском руднике (табл.2). Здесь следует отметить,

что количество маркшейдеров определялось из учета только затрат времени на выполнение основных видов работ.

Полученные результаты носят предварительный характер, и их следует рассматривать как попытку оценить реальное состояние вопроса организации маркшейдерской службы в условиях модернизации приборного парка и методик съемок.

Литература

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Серия 07, Выпуск 15. /Колл. авт.– М: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003 – 120 с.
2. Проект производства маркшейдерских работ на рудниках ОАО «Апатит» /Научный центр геомеханики и проблем горного производства СПбГУ. СПб., 2011. – 143 с.
3. Типовые структуры управления и типовые штаты ИТР и служащих горных подразделений: Утв. 15/X 1975 г/ М-во цвет. металлургии СССР. – Москва: Б. И., 1976. – 56 с.
4. Типовые структуры управления и типовые штаты ИТР и служащих подземных рудников (шахт) и карьеров: Проект /М-во цвет. металлургии СССР. Центр по науч. организации труда и упр. производством в цвет. металлургии. – Челябинск: Б. и., 1973. – 46 с.
5. Стенин Н.И. Организация маркшейдерских работ на горных предприятиях. - 2-е изд., перераб. и доп.. – М. : Недра, 1986. – 175 с.

Георгий Викторович Земских, канд.техн.наук, профессор кафедры маркшейдерского дела, Уральский государственный горный университет (г.Екатеринбург), тел.+7(343)257-66-46, E-mail:FZO@ursmu.ru;
Екатерина Сергеевна Базиляк, аспирант кафедры маркшейдерского дела, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г.Санкт-Петербург), тел.+79213299975, E-mail:bazilyak.e.s@gmail.com;
Михаил Юрьевич Васильев, научный сотрудник лаборатории маркшейдерских работ НЦ геомеханики и проблем горного производства, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г.Санкт-Петербург), тел.+79118104822, E-mail:myv013@gmail.com

Уважаемые коллеги!

Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России» информирует о создании интернет - площадки «Маркшейдерский клуб» (адрес: <http://smr-club.ru>) для обсуждения и обмена информацией по специальным проблемам, создания условий для взаимоконсультаций.

Доступ к ресурсу предоставляется членам Союза маркшейдеров России по кодам, основанным на фамилиях и номерах удостоверений членов СМР.

В настоящее время открыты разделы:

- «Вопросы-ответы» (для взаимных консультаций, обсуждения специальных проблем);
- «Кадровый резерв» (сведения о специалистах ищущих работу, вакансии компаний);
- «Награждение» (консультации по заполнению наградных документов);
- «Члены СМР» (для уточнения контактных данных).

Убедительная просьба ко всем членам СМР войти в раздел «Члены СМР», найти себя, войти в персональную информационную ячейку и уточнить данные. Это необходимо как для ведения официальной отчетности перед госорганами, так и для развития системы информирования о мероприятиях СМР.

Редакция «МВ»

УДК 622.023

Ю.А.Боровков, В.В.Ивченко

ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ЦЕЛИКА С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Дается обоснование величины мощности оставляемого предохранительного целика в блоке № 2 над недренированным метегеро-ичерским водоносным комплексом на руднике «Интернациональный» с учетом сейсмического действия взрывов на целик при проведении подготовительных выработок и определения сейсмобезопасного расстояния от целика до спирального, наклонного съезда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: предохранительный целик; водоносный комплекс; сейсмическое воздействие; взрывчатое вещество; вес заряда; физико-механические свойства; породы.

Yu.A.Borovkov, V.V.Ivchenko

JUSTIFICATION OF POWER OF PROTECTIVE PILLAR TAKING INTO ACCOUNT SEISMIC IMPACT OF EXPLOSIONS DURING REALIZATION OF PREPARATORY DEVELOPMENTS

Justification of size of power of the abandoned preventive spurn is given in the block No.2 over not trained metegero-ichersky water-bearing complex on a mine «International» taking into account seismic action of explosions on spurn during realization of the preparatory developments and determination of seismosafe distance from a spurn to spiral, sloping convention.

KEY WORDS: preventive spurn; seismic influence; explosive; weight of charge; physic mechanical properties; breeds.



Ю.А.Боровков



В.В.Ивченко

В настоящее время почти для всех коренных алмазодобывающих месторождений Якутии, разрабатываемых комбинированным способом, переход с открытого способа к

подземной выемке подкарьерных запасов кимберлита осложняется подработкой водоносных горизонтов. Отсюда основную опасность для подземных горных работ представляют прорывы воды на нижерасположенные горизонты, связанные с нарушением сплошности оставляемого предохранительного целика, особенно, при выемке запасов руды на руднике «Интернациональный». Поэтому для обоснования величины мощности оставляемого предохранительного целика в блоке №2 над недренированным метегеро-ичерским водоносным комплексом необходимо оценить, как будет влиять на установление его величины сейсмическое действие взрывов при проведении подготовительных выработок в интервале абсолютных отметок +85 - +41 м и на каком сейсмобезопасном расстоянии от целика должны располагаться эти выработки, в частности, спиральный, наклонный съезд (рис.1).

В этой связи одной из мер, обеспечивающих безопасность горных работ на руднике, является ограничение зоны применения БВР, исходя из требований обеспечения сохранности предохранительного целика. Так как для отработки запасов блока №2 обводненных кимберлитов предусматривается нисходящая слоевая система разработки с комбайновой выемкой и твердеющей закладкой (рис.2), то необходимо определить границу безопасного ведения взрывных работ.

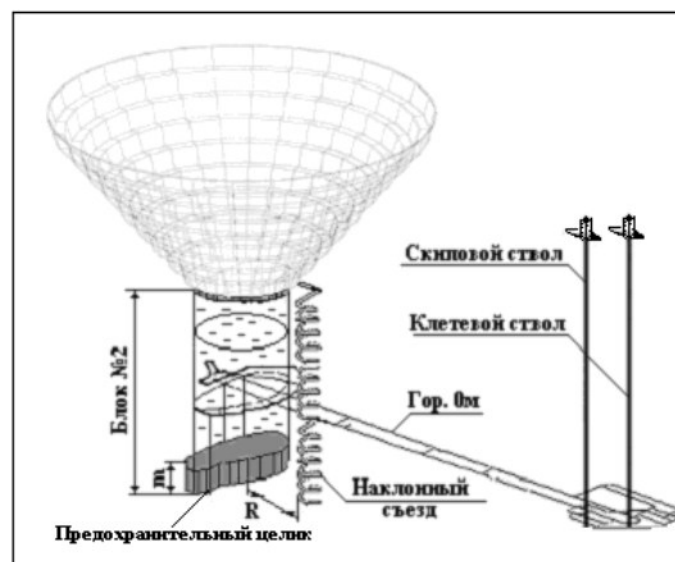


Рис.1. Схема блока №2 с предохранительным целиком над недренированным метегеро-ичерским водоносным комплексом

(m – мощность целика с учетом воздействия взрывных волн; R – сейсмобезопасное расстояние от наклонного съезда до целика)

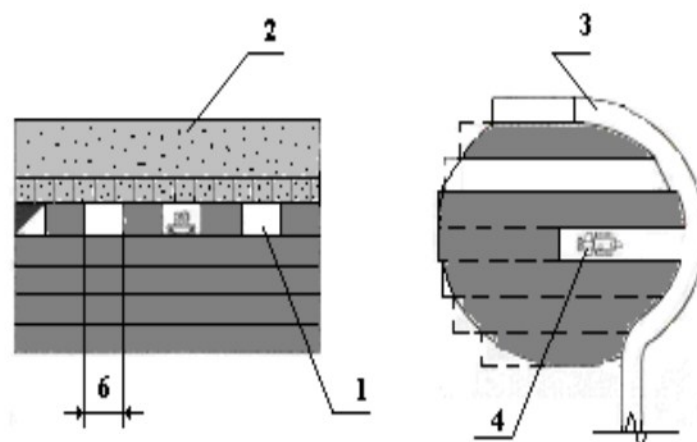


Рис.2. Схема нисходящей системы разработки горизонтальных слоев с твердеющей закладкой и комбайновой выемкой:

1 – очистная камера; 2 – массив из твердеющей закладки;
3 – заезд на слой из спирального съезда;
4 – комбайн AM-75

Для этого следует изучить проводящие свойства кимберлитов и закладочного материала для получения достоверных данных по величинам участвующих в расчетах безопасных расстояний. Следует отметить, что в работе [3] предлагается вариант системы разработки с комбайновой выемкой запасов очистных камер в две стадии: вначале тупиковым забоем высотой 5,2 м отрабатывать верхнюю часть камеры шириной 6 м, а затем производить выемку нижней части камеры уступом высотой 1,55 м. Это позволит увеличить годовую производительность рудника, которая составит 254 тыс.т/год. Таким образом, двустадийная выемка запасов очистной камеры может быть рекомендована, если оба хода комбайн будет проходить сечением, близким к его техническим возможностям. Если руководство рудника «Интернациональный» примет решение по увеличению высоты камеры, то надо будет учесть особенности ведения взрывных работ, к которым предъявляются следующие требования:

- не повреждать массив рудного целика за пределами установленной границы проектного контура;
- между крайним зарядом и этой границей должен быть оставлен слой массива, разработка которого должна выполняться или механической отбойкой, или мелко шпуровым взрыванием.

Для этого нужно, прежде всего, конкретизировать понятие повреждения массива рудного целика, т.е. рассматривать его как находящийся в предельном состоянии.

Указанное предельное состояние обычно формулируется в виде требований, наиболее типичные из которых следующие [4]:

- а) за пределами проектного контура трещиноватость должна быть не более той, при которой фильтрация воды достигает заданной величины;
- б) снижение скорости звука (ультразвука) в массиве не должно превышать заданный предел;
- в) модуль деформации основания не должен быть меньше заданного;
- г) класс трещиноватости охраняемого массива должен быть не ниже заданного;
- д) напряжения, развиваемые в сейсмических волнах, должны быть такими, чтобы массив не подвергался растягивающим усилиям с напряжениями выше соответствующего сопротивления горных пород.

Поэтому за основу предельного состояния берется величина скорости смещения в сейсмических волнах [4]:

$$V \leq V_{кр}, \text{ см/с}, \quad (1)$$

где $V_{кр}$ - критическая скорость смещения частиц породы.

При анализе известных достоверных случаев повреждения массива горных пород, из всех элементов сейсмической волны (амплитуда смещения, скорость смещения, ускорение, период и т.д.) лучше всего коррелирует с начальным повреждением массива

величина векторной скорости смещения частиц породы.

Векторная скорость является характеристикой поверхностной плотности сейсмической энергии, которая, как всякая энергия, подчиняясь закону сохранения, в меньшей степени изменяется в зависимости от свойств среды, чем другие параметры.

В случае сейсмического действия взрыва, как правило, интересует граница между зонами упругих деформаций и радиальных трещин. Эта граница отстоит достаточно далеко от сейсмоизлучающей поверхности [5], так что даже при взрывании сферического заряда волну напряжения можно считать плоской для того, чтобы выполнялось соотношение:

$$\sigma_r = V \cdot \gamma \cdot C_p, \quad (2)$$

где σ_r - радиальное напряжение, Па; V - массовая скорость смещения частиц породы, см/с; γ - удельная плотность пород, кг/м³; C_p - скорость распространения продольных сейсмических волн, м/с.

В случае несферических зарядов, а тем более групп зарядов, допущение о "плоскости" волны напряжения на границе зоны радиальных трещин становится более обоснованным.

Радиальные трещины в глубине массива образуются под действием тангенциальных напряжений, для которых характерно соотношение:

$$\sigma_\theta = \xi \cdot \sigma_r = \frac{\nu}{1-\nu} \cdot \sigma_r, \quad (3)$$

где σ_θ - тангенциальное напряжение, Па; σ_r - радиальное напряжение, Па; ξ - коэффициент бокового распора; ν - коэффициент Пуассона.

Учитывая тот факт, что тангенциальные напряжения σ_θ равняются по величине пределу прочности пород на растяжение $[\sigma_p]$, то по формулам (2) и (3) определяют искомую критическую скорость (см/с):

$$V_{кр} = \frac{[\sigma_p]}{\xi \cdot \gamma \cdot C_p} \cdot 10^2, \text{ см/с}. \quad (4)$$

Но коэффициент бокового распора может быть определен из уравнения, которое учитывает изменение угла внутреннего трения пород (φ), расположенных в мерзлоте, коэффициент структурного ослабления (K_c), изменяющийся от сезонных температур и относительной прочности горных пород (η) в зоне многолетней мерзлоты:

$$\varphi = \arcsin \left(1 - \frac{2\xi}{1 - K_c \cdot \eta + \xi} \right). \quad (5)$$

Тогда после преобразования формулы (4) с учетом формулы (5) получим в окончательном виде уравнение критической скорости смещения частиц породы:

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

$$V_{кр} = \frac{[\sigma_p] \cdot [2 + K_c \cdot \eta \cdot (1 + \sin \varphi)]}{(1 + \sin \varphi) \cdot \gamma \cdot C_p} \cdot 10^2, \text{ см/с.} \quad (6)$$

Таким образом, величина критической скорости смещения частиц породы прямо пропорциональна прочностным характеристикам массива горных пород, изменяющимся от сезонных температур, и обратно пропорциональна скорости распространения продольных волн в массиве.

Количественные параметры сейсмического действия взрыва в конкретных горно-геологических условиях рудника определяют на основании решения равенства между допустимой скоростью и скоростью, которая формируется в среде при одновременном взрыве заряда массой Q на расстоянии R от охраняемого массива:

$$V = k \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^n, \text{ см/с,} \quad (7)$$

где V - скорость колебаний частиц пород; k - коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств среды: плотности, скорости распространения продольной волны C_p , модуля упругости E и параметров ВВ; n - показатель степени, зависящий от характера преобладающих сейсмических волн и расположения охраняемых объектов относительно очага возбуждения колебаний, изменяется от 1 до 3.

Скорость смещения колебаний в конкретных горно-геологических условиях можно определять путем специальных сейсмологических исследований с использованием согласованных по частоте излучаемого процесса сейсмических станций.

Как следствие обобщения экспериментальных данных и зависимостей, полученных в результате исследований В.Н.Мосинца, сейсмобезопасная масса заряда ВВ может быть представлена как [2]:

$$Q = \frac{V_{кр} \cdot R^4}{C_p} \cdot 10^{-3}, \text{ кг.} \quad (8)$$

Отсюда, из зависимостей (4) и (8) при известной технологии БВР и экспериментально полученных значений скорости распространения продольных волн в массиве можно получить выражение сейсмобезопасного расстояния ведения взрывных работ:

$$R = \sqrt[4]{\frac{C_p \cdot Q}{V_{кр}^2} \cdot 10^3}, \text{ м,} \quad (9)$$

где R - сейсмобезопасное расстояние ведения взрывных работ от нижней границы охраняемого целика, м; C_p - экспериментально полученная скорость распространения продольных волн в массиве горных пород, м/с; Q - масса одновременно взрывающегося заряда по существующей технологии БВР, кг.

Для получения величины сейсмобезопасного расстояния ведения взрывных работ необходимо определить скорость распространения продольных

волн в массиве горных пород и критическую скорость смещения частиц породы ($V_{кр}$).

Критическая скорость $V_{кр}$ рассчитывается согласно формуле (4). Коэффициент Пуассона для кимберлитов при расчетах можно принять равным 0,23 по усредненным данным физико-механических свойств руды. Исходные данные по физико-механическим свойствам кимберлитов рудника «Интернациональный» были получены из наших экспериментов и отчетных данных лаборатории геомеханики института «Якутнипроалмаз»: [1] и литературных данных [5]. Для самого предельного состояния пород, когда относительная прочность составляет $\eta=0,2$ при температуре -10°C и $\gamma=2400 \text{ кг/м}^3$, $C_p=2700 \text{ м/с}$, $[\sigma_p]=3,76 \text{ МПа}$, $\varphi=26^\circ$, $K_c=0,524$ критическая скорость будет равна:

$$V_{кр} = \frac{3760000 \cdot [2 + 0,524 \cdot 0,2 \cdot (1 + 0,4384)]}{(1 + 0,4384) \cdot 2400 \cdot 2700} \cdot 10^2 = 86,76 \text{ см/с.}$$

Таким образом, для кимберлитов эксплуатационного блока №2 трубки «Интернациональная» с учетом выше перечисленных показателей усредненное значение критической скорости $V_{кр}$ составит 86 см/с.

Полученные значения $V_{кр}$ являются расчетными. Для приближения их к практическим значениям необходимо учесть изменение горно-геологических, физико-механических свойств горных пород, проводящих сейсмическую волну. В результате большого количества экспериментальных исследований, проведенных проф. В.Н.Мосинцом [2], был сделан вывод, что при одних и тех же параметрах БВР интенсивность воздействия одного производственного взрыва на охраняемые объекты с учетом данных изменений может отличаться в 6-8 раз. Следовательно, для повышения безопасности ведения горных работ на практике необходимо расчетные значения $V_{кр}$ уменьшить в 8 раз. Тогда конечные результаты определения критической скорости для блока №2 по экспериментально-аналитическим данным составят 10 см/с, что на 11% отличаются от экспериментальных данных, полученных для трубки «Мир» сотрудниками института «Якутнипроалмаз».

Основным критерием, влияющим на разрушающую интенсивность сейсмических волн при производственных взрывах, принято считать вес одновременно взрывающегося заряда. Интервалы замедления между группами зарядов могут негативно повлиять на охраняемый объект только в том случае, если произойдет наложение положительных фаз сейсмического воздействия взрыва с периодом собственных колебаний объекта. В данном случае, при рассмотрении производственных взрывов в подземных выработках интенсивность сейсмической волны связана в основном с продольными волнами, которые распространяются в массиве горных пород, неизбежно растягиваются во времени, что исключает возможность когерентного наложения положительных фаз с периодом колебания, равным интервалу замедления групп зарядов при производственном взрыве. В этой связи в условиях эксплуатации рудника «Интернациональ-

ный» амплитуда интенсивности сейсмической волны в целом не зависит от значений интервалов замедления (20, 40, 60... мс). Основным фактором регулирования остается величина одновременно взрывающегося заряда в группе.

В проектных решениях отработки эксплуатационного блока №2 рудника «Интернациональный» рекомендуемой технологией производства БВР вес одновременно взрывающегося заряда не будет превышать 100 кг (если проходить в 2 забоя), так как на карьере массовые взрывы уже не проводятся и взрывные работы будут осуществляться только при проходке подготовительных выработок.

Таким образом, расчет сейсмобезопасного расстояния при производстве буровзрывных работ по формуле (9), учитывающей полученные данные по критической скорости $V_{кр}$, известные параметры БВР и экспериментальные значения скоростей распространения продольных волн в массиве горных пород C_p , показывает, что это значение составляет:

$$R = 4 \sqrt{\frac{C_p \cdot Q}{V_{кр}^2} \cdot 10^3} = 4 \sqrt{\frac{2700 \cdot 100}{10^2} \cdot 10^3} = 40,54 \text{ м.}$$

Таким образом, расчетное сейсмобезопасное расстояние от предохранительного целика до подготовительных выработок при проведении их буровзрывным способом с учетом погрешности в 10% должно быть не менее 45 м.

Однако полученные данные по значениям сейсмобезопасного расстояния ведения БВР являются расчетными и для условий, когда взрывы производятся в глубинных точках массива горных пород и без учета влияния свободной наземной поверхности, преломленных и отраженных волн. На практике при отработке эксплуатационного блока №2 рудника «Интернациональный» необходимо учесть влияние свободной поверхности дна карьера на сохранность предохранительного целика при сейсмическом воздействии подземных взрывов. Во-первых, здесь руда находится в менее благоприятном напряженном состоянии, так как волна напряжения, в которой преобладают радиальные напряжения сжатия, отразившись от открытой поверхности, превращается в волну растяжения с той же амплитудой. Во-вторых, в поверхностном слое сопротивление руды на разрыв значительно меньше, чем в глубинных точках, поскольку этот слой подвержен в большей степени внешним воздействиям, в том числе обводненности и разгрузке. И, наконец, рудный целик испытывает не только динамическое действие со стороны сейсмических волн, но и квазистатические напряжения геомеханического и гидростатического воздействия подземной разработки подкарьерного пространства.

Указанные три фактора являются причиной того, что практический радиус трещинообразования на открытой поверхности рудного целика при производственных взрывах в подземных выработках будет значительно больше полученных расчетных значений. Так, по известным экспериментальным оценкам В.К.Рубцова

отношение этих радиусов составляет 8:5 [4].

В этой связи в конечном результате сейсмобезопасное расстояние ведения БВР по отработке эксплуатационного блока №2 рудника «Интернациональный» по воздействию подземных взрывов на предохранительный рудный целик при известной технологии БВР будет составлять 72 м.

При производстве взрывных работ в подземных горных выработках низкочастотные колебания продольных волн затухают относительно быстро, так как в глубинных точках массива горных пород сейсмические колебания распространяются преимущественно в форме объемных волн. С учетом этих особенностей в работе [2] предложена эмпирическая формула для определения мощности подкарьерного целика (радиуса трещинообразования) при совмещенном ведении открытых и подземных горных работ и буровзрывном способе отбойки руды, которую можно представить в следующем виде с учетом нами принятых обозначений:

$$m \geq \frac{k \cdot Q^{0,225}}{C_p^{0,885} \cdot \sqrt{[1 + (1 - 2\nu) \cdot \varepsilon_0]^{8/3} - 1}} \cdot \left[\frac{1 - \nu}{1 + \nu} \right]^{0,5}, \text{ м, (10)}$$

где Q - вес заряда, максимального в группе, кг; C_p - скорость распространения продольной волны, м/с; ν - коэффициент Пуассона; ε_0 - допустимая относительная деформация горных пород, определяемая характеристикой защищаемого инженерного сооружения по его ответственности и сроку эксплуатации, k - коэффициент пропорциональности, зависящий от физико-механических свойств пород, условий ведения БВР и горно-геологических условий. Для условий разработки трубки «Мир» этот коэффициент равен $k=188$.

Анализируя формулу (10), можно с достаточной уверенностью сказать, что показатели степени в числителе (Q) и знаменателе (C_p) можно заменить на значения коэффициента Пуассона и правое слагаемое в квадратных скобках преобразовать путем введения коэффициента бокового распора (ξ):

$$m \geq \frac{k \cdot Q^\nu}{C_p^{\left(\frac{1-\nu}{2}\right)} \cdot \sqrt{[1 + (1 - 2\nu) \cdot \varepsilon_0]^{8/3} - 1}} \cdot \left[\frac{\nu}{\xi \cdot (1 + \nu)} \right]^{0,5}, \text{ м. (11)}$$

Коэффициент бокового распора может быть определен из уравнений (5) и (6), которые учитывают изменение угла внутреннего трения пород (φ), расположенных в мерзлоте, коэффициента структурного ослабления (K_c), изменяющегося от сезонных температур и относительной прочности горных пород (η) в зоне многолетней мерзлоты. Тогда после преобразования формул (5) и (6) и формулы (11) получим в окончательном виде уравнение мощности предохранительного целика от веса заряда в группе и горно-геологических условий разработки горных пород, расположенных в мерзлоте:

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

$$m \geq \frac{k \cdot Q^v}{C_p \left(\frac{1-v}{2} \right) \cdot \sqrt{[1+(1-2v) \cdot \varepsilon_0]^{8/3} - 1}} \cdot \left\{ \frac{v \cdot [2 + K_c \cdot \eta \cdot (1 + \sin \varphi)]}{(1 + \sin \varphi) \cdot (1 + v)} \right\}^{0,5} \quad (12)$$

По формулам (11) и (12) были построены графики изменения мощности предохранительного целика от максимального веса заряда в группе для самого предельного состояния пород, когда относительная прочность составляет $\eta=0,2$ при температуре -10°C и $\gamma=2400 \text{ кг/м}^3$, $C_p=2700 \text{ м/с}$, $\varphi=26^\circ$, $K_c=0,524$, $k=188$, $\varepsilon_0=0,0001$, $v=0,23$ (рис.3).



Рис.3 Графики изменения мощности предохранительного целика (m) от максимального веса заряда в группе (Q_m), рассчитанные по формуле: 1 – проф. В.Н.Мосинца; 2 – предлагаемой автором (12)

Анализируя графики изменения мощности предохранительного целика от максимального веса заряда в группе по зависимостям, предлагаемым проф. В.Н.Мосинцем и авторами, можно сказать, что их величины различаются на 15%, но предлагаемая нами зависимость имеет аналитический характер и может применяться для расчетов мощности оставляемых предохранительных целиков для условий якутских месторождений алмазов.

Расчет мощности предохранительного целика

по динамическим нагрузкам для самого предельного состояния пород, когда относительная прочность составляет $\eta=0,2$ при температуре -10°C показывает, что его величина составляет 38 м (рис.3 – см. стрелки), причем эта величина увеличивается почти в 2,3 раза по сравнению с мощностью целика, определенного по гео- и гидростатическим нагрузкам.

Анализ предохранительных взрывчатых веществ промышленного назначения, проведенный сотрудниками института «Якутнипроалмаз», показал, что наиболее подходящим по физико-химическим и взрывчатым характеристикам в условиях эксплуатации рудника «Интернациональный» является Аммонит АП-5ЖВ. Тротиловый эквивалент по теплоте взрыва у Аммонита АП-5ЖВ равен 0,9, объем газов взрыва – 787 л/кг, температура и теплота взрыва – 2520°C и 3497 кДж/кг соответственно, кислородный баланс – $-0,02\%$, бризантность – не менее 15 мм. Соответственно все перечисленные взрывчатые характеристики Аммонита АП-5ЖВ превосходят показатели других ВВ.

Таким образом, величина мощности предохранительного кимберлитового целика при проведении подготовительных и очистных работ в обводненном массиве с учетом физико-механических свойств пород: угла внутреннего трения пород, коэффициента структурного ослабления, изменяющегося от сезонных температур и относительной прочности горных пород в зоне многолетней мерзлоты, а также энергетических характеристик взрывааемого ВВ изменяется от этих факторов по степенному закону $1/2$ степени.

Литература

1. Звонарев Н.К. и др. Справочник физико-механических свойств вмещающих пород алмазных месторождений ЯАССР (заключительный отчет по теме 23-86-452)/Институт «Якутнипроалмаз». - Мирный, 1990. - 202 с.
2. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. М.: Недра, 1976. - 271 с.
3. Пацкевич П.Г. Обоснование параметров геотехнологии разработки коренных месторождений алмазостных кимберлитов с комбайновой выемкой и закладкой выработанного пространства /Автореферат дис. на соиск. уч. степени к.т. М.: ИПКОН, 2011. - 19 с.
4. Цейтлин Я.И. К расчету мощности охранного целика при взрывах. - Взрывное дело, № 78/35. - М.: Недра, 1977. - С. 221-225.
5. Цейтлин Я.И., Смолий Н.И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. М.: Недра, 1981. - 192 с.

Юрий Александрович Боровков, д-р техн.наук, профессор кафедры «Геотехнологические способы и физические процессы горного производства», тел.(495)433-57-55 (доб.11-31); Владимир Владимирович Ивченко, аспирант (Российский государственный геологоразведочный университет им. С.Орджоникидзе, МГРИ-РГГРУ)

УДК 622.23

Ю.А.Боровков, В.В.Ивченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ КАРЬЕРА НА НИЖЕРАСПОЛОЖЕННЫЙ МАССИВ МЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ПРОФИЛЬ КОНТУРА КАРЬЕРА АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассматриваются вопросы обоснования величины зоны влияния карьера на вынимаемые подкарьерные запасы руды подземным способом применительно к условиям комбинированной разработки месторождения с учетом влияния контура карьера, угла наклона борта карьера, физико-механических свойств и температуры мерзлых пород на руднике «Интернациональный».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: физико-механические свойства; породы; карьер; угол наклона борта карьера; контур карьера; температура мерзлых пород; угол внутреннего трения пород.

Yu.A.Borovkov, V.V.Ivchenko

DETERMINATION OF SIZE OF THE ZONE OF INFLUENCE OF A PIT ON BELOW LOCATED MASSIF OF FROZEN BREEDS CONSIDERING A PROFILE OF PIT CONTOUR OF DIAMOND-BEARING DEPOSITS

The questions of justification of size of the zone of influence of a pit on the taken-out subquarry reserves of ore in relation to conditions of the combined development of deposit taking into account influence of contour of pit, tilt angle of board of pit, physico-mechanical properties and temperature of the frozen breeds on mine «International» are considered.

KEY WORDS: physico-mechanical properties; breeds; pit; tilt angle of board of pit; pit contour; temperature of frozen breeds; corner of internal friction of breeds.

Отработка почти всех коренных алмазодержащих месторождений Якутии осложняется вскрытием водоносных горизонтов, содержащих токсичные рассолы с высокой минерализацией и концентрацией вредных компонентов. Поэтому основную опасность для подземных горных работ в условиях частично затопленного карьера представляют собой прорывы воды в нижележащие горизонты, связанные с нарушением сплошности предохранительного целика.

Под воздействием подземных горных работ, гидростатического напора водопородной толщи, расположенной на дне карьера, собственной силы тяжести пород, слагающих подкарьерный слой, а также других геологических и технологических факторов слой, разделяющий открытые и подземные горные работы, будет изгибаться и в нем могут появиться секущие трещины, нарушающие его целостность. Учитывая механизм образования и развития этих трещин, исходя из установленных закономерностей и общепринятых представлений о деформационных процессах, определяется предельный прогиб слоя, при котором слагающие слой породы будут переходить из устойчивого в неустойчивое состояние, при этом изменяя напряженно-деформированное состояние (НДС) подкарьерного массива горных пород.

К решению задачи об изменении напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород от профиля контура карьера в процессе выемки горной массы можно подойти с позиций теории упругости в рамках плоской задачи с использованием уравнений равновесия, совместности деформаций и граничных условий.

Рассмотрим задачу о влиянии контура карьера на величину зоны разуплотнения из-за разгрузки массива горных пород, расположенного под дном карьера. Эта задача решалась авторами в связи с отработкой запасов блока №2 (отм. +85 м/+0 м) слоевой системой разработки с комбайновой выемкой и твердею-

щей закладкой. Параметры добычных лент: высота - 5.0 м, пролет - 4,6 м. Порядок отработки слоев - нисходящий под защитой сооруженного железобетонного перекрытия (плиты) толщиной 1,0 м на дне отработанного карьера «Интернациональный». В нижней части блока предусматривается отстроить предохранительный целик над кровлей водоносного комплекса, мощность которого следует обосновать с учетом гидрогеологических условий, влияния на массив мерзлых пород знакопеременных температур, соответствующих сезонным периодам, и величины высоты зоны разуплотнения (разгрузки) пород. При этом следует обосновать и высоту пространства безопасного ведения горных работ в интервале «основание железобетонной плиты на дне карьера - кровля предохранительного целика».

Схема расчета величины зоны разуплотнения пород под дном карьера представлена на рис.1.

Для установления величины высоты зоны разуплотнения пород (h_{xp}) воспользуемся уравнениями, предложенными В.Г.Зотеевым и в работе [1], но в измененном виде и с обозначениями, согласно, рис.1:

$$h_{xp} = -H_k + \sqrt{H_k^2 + \left[\frac{H_k \cdot (L_n + L_{\partial x})}{2 \cdot C \cdot \operatorname{tg} \varphi'} \right]^2}, \quad (1)$$

где H_k - глубина карьера, м; L_n , $L_{\partial x}$ - соответственно, ширина карьера по поверхности и дну карьера (x - текущая координата), м; C - отношение горизонтальной и вертикальной компонент напряжений; φ' - угол внутреннего трения породы по площадкам скольжения трещин, град.

В случае распределения напряжений согласно гипотезы Гейма-Динника [2], т.е. $C=m$ - коэффициент бокового распора, который меньше единицы, так как месторождение разрабатывается в равнинной местности, формулу (1) можно записать в виде:

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

$$h_{xp} = -H_k + \sqrt{H_k^2 + \left[\frac{H_k \cdot (L_n + L_{dx})}{2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \varphi'} \right]^2} \quad (2)$$

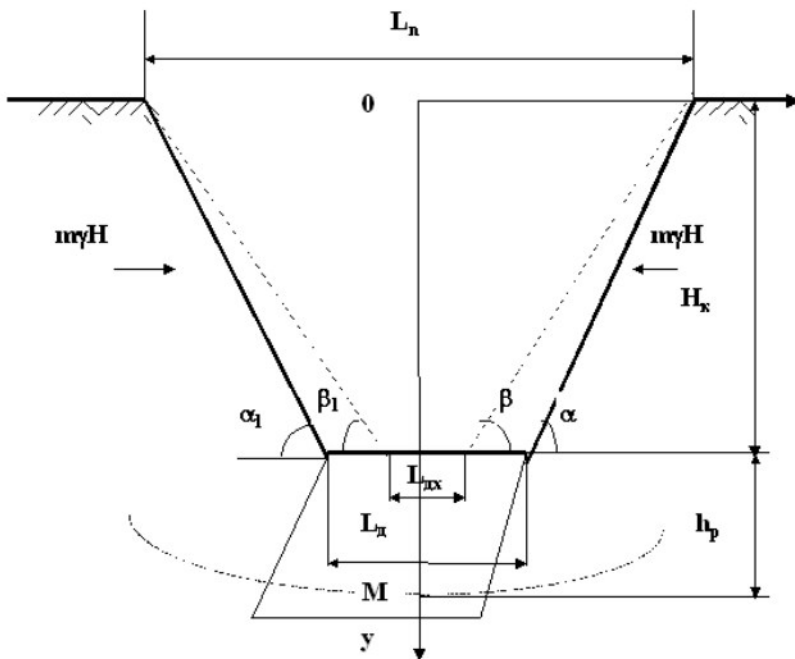


Рис.1. Схема расчета величины зоны разуплотнения пород

(— контур карьера, подлежащий доработке;
 — предельный контур карьера;
 - - - зона разуплотнения пород)

Выразим значения параметров, входящих в фигурную скобку, через профиль контура карьера, определяемый углами наклона бортов карьера $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ и стремящихся к углу погашения борта карьера α . Тогда после несложных преобразований получим формулу, устанавливающую взаимосвязь между шириной зоны разуплотнения пород, параметрами карьера и профилем его контура (β - текущая координата, град):

$$h_p = H_k \cdot \left[1 + \frac{L_d}{m \cdot H_k \cdot \operatorname{tg} \varphi'} + \frac{2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta}{m \cdot \operatorname{tg} \varphi'} - 1 \right] \quad (3)$$

Анализируя полученную формулу, можно сделать вывод, что с увеличением угла наклона борта карьера, до величины проектного угла погашения, зона влияния карьера на нижележащий массив горных пород будет увеличиваться плавно, по закону $1/2$ -степени. При достижении угла наклона борта карьера β своего предельного значения, т.е. угла погашения α , глубина зоны разуплотнения будет максимальной. Когда угол наклона одного борта карьера не равен углу наклона противоположного борта (из-за опережения горных работ на одном борту по сравнению с противоположным), т.е. вертикальное сечение карьера представляет собой неравнобокую трапецию $\beta \neq \beta_1$, что характерно для реальных условий, уравнение (3) можно записать в виде:

$$h_p = k \cdot H_k = H_k \cdot \left[1 + \frac{L_d}{m \cdot H_k \cdot \operatorname{tg} \varphi'} + \frac{4 \cdot \operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \beta_1}{2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \varphi'} - 1 \right] \quad (4)$$

где k - коэффициент влияния контура карьера на массив горных пород, расположенный под дном карьера.

Из формулы (4) видно, что при равенстве углов наклона бортов карьера $\beta = \beta_1$ получаем формулу (3). На основании формулы (3) были построены графики изменения относительной глубины зоны влияния карьера (разуплотнения) на массив горных пород, расположенный под его дном, от углов наклона бортов карьера, один из которых равен проектному углу погашения карьера, и различных коэффициентов бокового распора. Графики построены для условий разработки трубки «Интернациональная» ($\alpha = 55^\circ$, $\beta = \beta_1$, $m = 0,3$, $L_d/H_k = 0,25$, для различных углов внутреннего трения пород φ' в зависимости от температуры). Расчетные значения приведены в табл.1.

По ним построены графики изменения относительной глубины зоны влияния карьера на подкарьерный массив горных пород (h_p/H_k) от углов наклона бортов карьера β с учетом температуры кимберлита (рис.2).

Таблица 1

№/№	β	$\operatorname{ctg} \beta$	L_d / H_k	h_p / H_k при температуре по C° :		
				-20°	-10°	$0^\circ - (+10^\circ)$
				$\varphi' = 20^\circ$	$\varphi' = 26^\circ$	$\varphi' = 23^\circ$
1	35	1,43	0,3	1,0	0,80	0,90
2	40	1,19	0,3	1,38	1,12	1,24
3	45	1,0	0,3	1,72	1,40	1,55
4	50	0,84	0,3	1,98	1,62	1,78
5	55	0,7	0,3	2,19	1,80	1,98

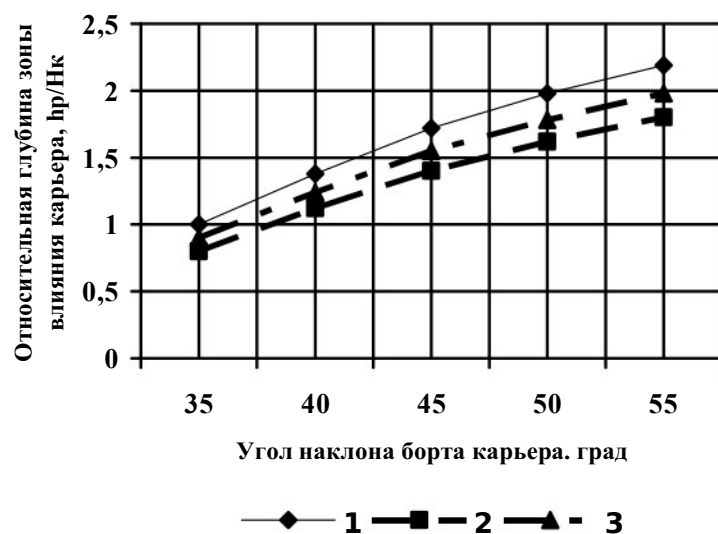


Рис.2. Графики изменения относительной глубины зоны влияния карьера (h_p/H_k) на массив пород, расположенный под его дном, от углов наклона бортов карьера β при температуре:

- 1 – (-20°C , $\varphi' = 20^\circ$); 2 – (-10°C , $\varphi' = 26^\circ$);
3 – ($0^\circ - (+10^\circ)\text{C}$, $\varphi' = 20^\circ$)

Из графиков видно, что с увеличением угла наклона борта карьера в 1,5 раза зона влияния карьера (разуплотнения) на массив, расположенный под дном карьера, возрастает на 54%, а с понижением температуры с 0°C до -20°C , которая влияет на угол внутреннего трения мерзлых пород, значение зоны влияния карьера увеличивается на 10%. Это говорит о том, что с понижением температуры прочностные свойства пород изменяются из-за замерзания воды в порах и трещинах породы, что в зимний сезон увеличивает зону влияния карьера (разуплотнения) на мерзлый массив.

Причем следует заметить, что температуры были выбраны с учетом наименьшей относительной прочности кимберлита по лабораторным исследованиям на образцах. Следует отметить, что в связи с развитием деформационных процессов, происходящих на дне и в бортах карьера при выемке горной массы, под дном карьера в зоне разуплотнения, величину которой можно определить по формуле (4), существует зона разгрузки, а в краевых частях дна карьера – зона концентрация напряжений (сжатия).

На это указывают так же данные, приведенные в работах по численному моделированию [3] и рассматривающие доработку запасов руды под дном карьера.

Выводы

1. Под воздействием подземных горных работ, гидростатического напора водопородной толщи, расположенной на дне карьера, собственной силы тяжести пород, слагающих подкарьерный слой, а также других геологических, температурных воздействий и технологических факторов слой, разделяющий открытые и подземные горные работы, будет изгибаться и в нем могут появиться секущие трещины, нарушающие его целостность.

2. На основании аналитических исследований выявлено, что с увеличением угла наклона борта карьера в 1,5 раза зона влияния карьера (разуплотнения) на массив, расположенный под дном карьера, возрастает на 54%, а с понижением температуры с 0°C до -20°C , которая влияет на угол внутреннего трения мерзлых пород, значение зоны влияния карьера увеличивается на 10%. Это говорит о том, что с понижением температуры прочностные свойства пород изменяются из-за замерзания воды в порах и трещинах породы и образования в них льда, что в зимний сезон увеличивает зону влияния карьера (разуплотнения) на мерзлый массив горных пород.

3. В связи с развитием деформационных процессов, происходящих на дне и в бортах карьера при выемке горной массы, под дном карьера в зоне разуплотнения, величину которой можно определить по формуле (4), существует зона разгрузки, а в краевых частях дна карьера – зона концентрация напряжений (сжатия).

Литература

1. Дюдин Ю.К., Боровков Ю.А., Ребриков Д.Н. О влиянии карьерной выемки на состояние массива горных пород // *Маркшейдерский вестник*, М.: 2002, №2, с.26-28.
2. Динник А.Н. и др. Распределение напряжений вокруг подземных горных выработок / *Труды совещания по управлению горным давлением*. - М.: АН СССР, 1938, с.28-42.
3. Макаров А.Б. Управление сдвижением и горным давлением при повторной разработке пологих рудных залежей // *Диссер. На соиск. уч. ст. д.т.н.* - М.: Фонды ОУ, 1994, с.347.

Юрий Александрович Боровков, д-р техн.наук, профессор кафедры «Геотехнологические способы и физические процессы горного производства», тел. (495) 433-57-55 (доб. 11-31);
Владимир Владимирович Ивченко, аспирант
(Российский государственный геологоразведочный университет им. С.Орджоникидзе, МГРИ-РГГРУ)

УДК 061.62:622.838.54

Н.И.Косухин, А.Н.Шабаров, Д.В.Сидоров

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО И УДАРООПАСНОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТАЛНАХСКОГО И ОКТЯБРЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ КРУПНО-АМПЛИТУДНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Рассмотрены геодинамические процессы при отработке Талнахского и Октябрьского месторождений сложного геологического строения. Приведены результаты прогнозной оценки сейсмической энергии, выделяющейся на контактной поверхности сместителя тектонических нарушений I и II типов при подходе очистных работ к ним.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тектоническое нарушение; удароопасность; сейсмическая энергия; прогноз.

N.I.Kosukhin, A.N.Shabarov, D.V.Sidorov

ASSESSMENT INTENSE DEFORMED AND BUMP HAZARD CONDITION OF THE MASSIF OF ROCKS WHEN DEVELOPING TALNAKH AND OKTYABRSKY DEPOSITS IN ZONES OF INFLUENCE OF LARGE AND AMPLITUDE TECTONIC DISTURBANCE

Geodynamic processes are considered in the process of developing Talnakh and Oktyabrsky deposits of complex geological structure. The results of the prospective assessment of the seismic energy released at the contact surface faulting fault plane of types I and II in the treatment approach works for them.

KEY WORDS: tectonic disturbance; bump hazard; seismic energy; outlook.

Талнахское и Октябрьское месторождения вмещают около 90% запасов руд Норильского района, что составляет примерно 35% разведанных мировых запасов никеля, почти 10% меди, около 15% кобальта и более 40% мировых запасов платиноидов [1]. Стратегией развития ОАО «ГМК «Норильский Никель» предусматривается модернизация производственного комплекса с целью увеличения добычи медно-никелевой руды до 2020 г. [8]. В тоже время интенсивная разработка месторождений ОАО «ГМК «Норильский Никель» требует вовлечения в отработку запасов руды на больших глубинах в условиях динамического проявления горного давления. При этом одной из главных причин формирования удароопасности при ведении горных работ, как отмечается в работе [9], является блочное строение массива горных пород. Поэтому изучение геодинамических процессов, происходящих в рудном массиве в зонах влияния тектонических нарушений является для ОАО «ГМК «Норильский Никель» весьма актуальным.

Прочные и хрупкие руды Талнахского и Октябрьского месторождений склонны к горным ударам, что при определенных сочетаниях горно-геологических и горно-технических условий приводит к разрушениям горных выработок и элементов горных конструкций. Массив горных пород отличается развитой тектонической нарушенностью, участвующей в формировании тектонически напряженных зон и являющейся основной причиной горных ударов при ведении горных работ [2], [4]. Тектоническое строение района составляют крупные сбросы и взбросы: главный шов Норильско-Хараелахского разлома, система Западных сбросов, Горный сброс, Большой Горст, Центральный грабен и т.д. По морфологии тектонического шва можно выделить четыре вида нарушений: сглаженная плоскость, по которой крылья нару-

шения плотно сомкнуты, зона дробления, заполненная сцементированными продуктами, зона дробления, заполненная рыхлыми продуктами, серия параллельных сближенных плоскостей, по каждой из которых амплитуда невелика, но в сумме она может достигать значительной величины. Вместе с тем наиболее широкое распространение, согласно исследованиям, проведенным в работе [4], имеют тектонические нарушения I и II типа. Для первого типа в крыльях у тектонического шва формируется зона максимальных напряжений, являющихся опасными и характеризующихся появлением видимых признаков динамического проявления горного давления, которые постепенно снижаются по мере удаления от него. Для тектонических нарушений II типа характерно наличие зон дробления. Видимые признаки горного давления отсутствуют. Вместе с тем возможно выявление повышенной категории удароопасности при ведении горных работ при подходе к ним [9].

Одним из главных факторов формирования удароопасности в зонах влияния тектонических нарушений является амплитуда смещения крыльев нарушения [3]. Это связано с тем, что при ведении очистных работ в массиве, осложненном крупно-амплитудным тектоническим нарушением имеется гораздо большая возможность по сравнению с мелко-амплитудными нарушениями для реализации энергии упругого деформирования горных пород в виде подвижек по плоскостям блоков с выделением значительного количества сейсмической энергии в форме мощных горно-тектонических ударов [3]. Поскольку вопросы оценки напряженного состояния рудного массива при ведении горных работ в зонах мелко-амплитудных тектонических нарушений были достаточно подробно освещены в работе [2], то предметом настоящей работы является исследование законо-

мерностей изменения напряженно-деформированного состояния и устойчивости горных пород в окрестности сместителей крупно-амплитудных тектонических нарушений.

Для решения задачи был выполнен численный эксперимент с использованием автоматизированного программного комплекса «PRESS 3D URAL» [10]. Тектоническое нарушение моделировалось сбросом с азимутом простирания сместителя $A_{\text{ТН}}=90^\circ$ и углом падения сместителя $\alpha_{\text{ТН}}=60^\circ$. Амплитуда тектонического нарушения принималась равной $A_{\text{ТН}}=50,0$ м. Углы внутреннего трения пород шва нарушения принимались в диапазоне $\rho_{\text{ТН}} \in [4,0^\circ-20,0^\circ]$. Физико-механические свойства руд и пород: модуль упругости руды $5,3 \cdot 10^4$ МПа ($E_p=5,3 \cdot 10^4$ МПа), модуль упругости вмещающих пород $8,2 \cdot 10^4$ МПа ($E_n=8,2 \cdot 10^4$ МПа),

коэффициент Пуассона вмещающих пород 0,25 ($\nu_p=0,25$). Мощность рудного тела согласно данным геологических разрезов принималась в среднем 25,0 м ($m_p \approx 25,0$ м). Глубина работ 1300,0 м (от земной поверхности до почвы рудного тела). Величина очистного пространства принималась равной $a=50,0$ м. Расчетные схемы для численного моделирования представлены на рис.1. Для оценки влияния подхода забоя горных работ на изменение напряженно-деформированного состояния сместителя тектонического нарушения предусматривалось постепенное уменьшение расстояния между крупно-амплитудным тектоническим нарушением и очистным пространством (для условий варианта а эта величина составляет 30 м, для условий варианта б - 20 м, для условий варианта в - 8 м, для условий варианта г - 0 м).

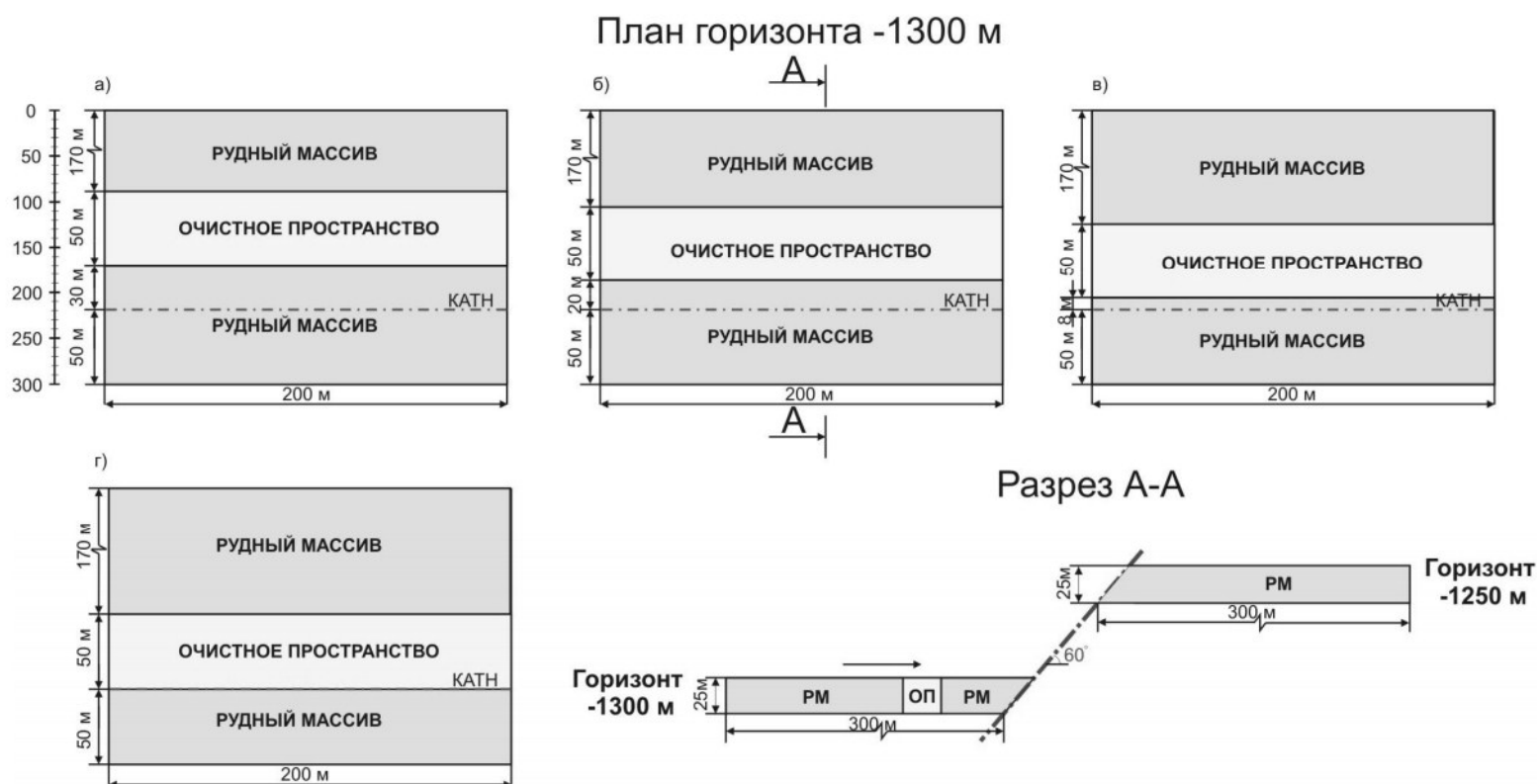


Рис.1. Расчетные схемы участка при различной величине расстояния между выработанным пространством и тектоническим нарушением

а – расстояние 30 м, б – расстояние 20 м, в – расстояние 8 м, г – расстояние 0 м

При формировании зон разрушения (проскальзывания) на контактной поверхности сместителя тектонического нарушения происходит выделение (высвобождение) упругой (сейсмической) энергии, величину которой можно определить по выражению [6]:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{сум.}} = \left(\frac{2 \cdot (1 + \nu_{\text{П}}) \cdot \tau_{\text{max}}^2}{E_{\text{П}}} \cdot \Delta_0 \cdot \sum_{i=1}^N S_i \right) \cdot 10^6, \quad (1)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{\text{сум.}}$ – искомые значения упругой (сейсмической) энергии, Дж; $\nu_{\text{П}}$ – коэффициент Пуассона расчетного элемента (точки) в плоскости тектонического нарушения;

$E_{\text{П}}$ – модуль упругости (Юнга) расчетного элемента (точки) в плоскости тектонического нарушения, МПа; τ_{max} – максимальные касательные напряжения на паспорте контактной прочности (вдоль плоскости сместителя тектонического нарушения), МПа. Значения τ_{max} принимаются равными: для нарушений 1-го типа $\tau_{\text{max}}=10 \div 15$ МПа, для нарушений 2-го типа $\tau_{\text{max}}=1,5 \div 2,0$ МПа; Δ_0 – величина естественного зазора на контактной поверхности сместителя тектонического нарушения, возникающего при проскальзывании по шву, м. Значения Δ_0 принимаются равными: для нарушений 1-го типа – $\Delta_0=0,003 \div 0,005$ м, для нарушений 2-го типа – $\Delta_0=0,0003 \div 0,0005$ м; S_i – площадь расчет-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

ного элемента, принадлежащего плоскости тектонического нарушения в месте выявления процесса проскальзывания по контакту, m^2 ; N – количество расчетных элементов, принадлежащих плоскости тектонического нарушения, в которых зафиксировано проскальзывание по контакту.

В качестве критерия удароопасности был вы-

бран способ ее оценки по допускаемой величине притока сейсмической энергии. Согласно работе [7] критическую величину сейсмической энергии рекомендуется принимать равной $10^{2.5}$ Дж (316 Дж). Результаты моделирования для условий вариантов а-г представлены в табл. 1.

Таблица 1

Прогнозные величины сейсмической энергии

Параметры тектонического нарушения (ТН)		Величина площади подвижки $S_{ТН}$ и сейсмической энергии $\mathcal{E}$							
		Вариант а (30 м)		Вариант б (20 м)		Вариант в (8 м)		Вариант г (0 м)	
Тип ТН	$\rho_{ТН}$, град.	$S_{ТН}$, m^2	$\mathcal{E}$, Дж	$S_{ТН}$, m^2	$\mathcal{E}$, Дж	$S_{ТН}$, m^2	$\mathcal{E}$, Дж	$S_{ТН}$, m^2	$\mathcal{E}$, Дж
II-тип $\tau_{\max} = 1,5 \text{ МПа}$ $\Delta_0 = 0,0005 \text{ м}$	4.0	17749.6	608.8	26899.4	922.6	29999.4	1028.9	32249.3	1106.1
	6.0	7999.8	274.4	13549.7	464.7	22649.5	776.9	26599.4	912.3
	8.0	1549.9	53.2	7649.8	262.4	15899.6	545.3	22049.5	756.3
	10.0	-	-	2349.9	80.6	8849.8	303.5	18499.6	634.5
	12.0	-	-	299.9	10.3	5899.9	202.4	15899.7	545.3
	14.0	-	-	-	-	2899.9	99.5	13149.7	451.0
	16.0	-	-	-	-	549.9	18.9	10599.7	363.6
I-тип $\tau_{\max} = 15 \text{ МПа}$ $\Delta_0 = 0,005 \text{ м}$	18.0	-	-	-	-	-	-	6349.9	217.8
	20.0	-	-	-	-	-	-	2149.9	73738.9
	22.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	26.0	-	-	-	-	-	-	-	-

Анализ результатов, приведенных в табл.1, показывает, что при подходе фронта горных работ к тектоническому нарушению II типа существует вероятность подвижек на плоскости сместителя тектонического нарушения с возникновением сейсмического события с энергией, достигающей 10^3 Дж. При таких значениях энергии, согласно классификации, представленной в работе [5], в выработках наблюдается интенсивное заколообразование, отжим и стреляние горных пород. При подходе очистных работ к тектоническому нарушению I типа возможно проявление сейсмического события с энергией $7,3 \cdot 10^4$ Дж. При этом в выработках наблюдается разрушение краевой части рудной залежи, поломка крепей, образование явно выраженных трещин, уходящих в глубину массива. Для практического использования построен график зависимости критического расстояния от фронта очистных работ до тектонического нарушения

от величины угла внутреннего трения, характеризующего тип нарушения (рис.2).

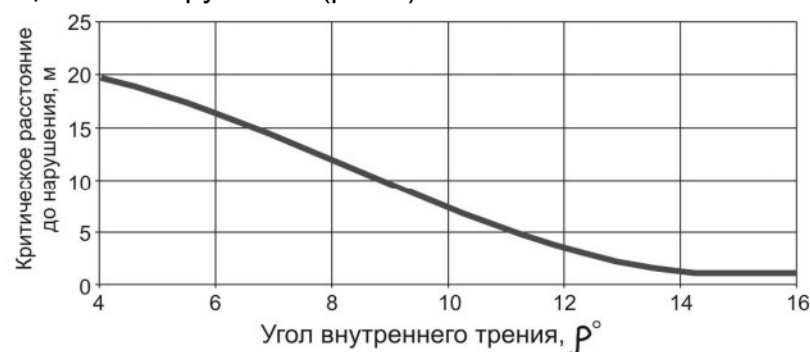


Рис.2. Минимально допустимые по безопасности размеры между очистными работами и зонами крупноамплитудных тектонических нарушений

Таким образом, применение рассмотренной методики позволяет осуществлять заблаговременный прогноз геодинамической опасности при ведении

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

очистных работ в рудном массиве, осложненном крупно-амплитудными тектоническими нарушениями. Дальнейшие исследования будут направлены на геомеханическое обоснование допустимых параметров профилактических мероприятий (скважинной разгрузки) для снижения степени удароопасности тектонически нарушенного рудного массива.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2012 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mineral.ru>.

2. Косухин Н.И. Оценка напряженного состояния рудного массива при ведении горных работ в зонах мелко-амплитудных тектонических нарушений / Н.И.Косухин, Д.В.Сидоров, А.Н.Шабаров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 12. – С.142–148.

3. Методические рекомендации и наказы по повышению безопасности ведения горных работ в удароопасных условиях у тектонических нарушений на шахтах СУБРа. – Североуральск, 1994. – 82 с.

4. Методические указания по управлению горным давлением при сплошных системах разработки с твердеющей закладкой на рудниках Норильского ГМК. – Ленинград. – 1987.

5. Отчет о НИР. Договор № РН-011-11 «Проведение анализа и разработка рекомендаций по выделению нагруженных блоков в сейсмоактивных зонах» Санкт-Петербург, 2011 г.

6. Разработать и внедрить программный комплекс «PRESS 3D URAL» для перспективной и текущей оценки напряженно-деформированного состояния и удароопасности участков шахтных полей Североуральских бокситовых месторождений: Отчет о НИР / Д.В.Сидоров. ВНИМИ. – СПб, 2006. – 294 с.

7. Сидоров Д.В. Прогноз геодинамической опасности при разработке североуральских бокситовых месторождений в зонах влияния тектонических нарушений / Д.В. Сидоров // Рудник будущего, выпуск № 3 (7), 2011г.

8. Стратегия развития металлургической промышленности России на период до 2020 года (утвержденной приказом Минпромторга России от 18 марта 2009 г. № 150).

9. Указания по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. – Норильск, 2007.

10. PRESS 3D URAL. Комплексное геомеханическое обоснование безопасных параметров подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Свидетельство о государственной регистрации в Роспатент – 2012. Режим доступа <http://www.press3dural.ru>.

Николай Игоревич Косухин, аспирант, лаборатория геодинамики, Научный центр геомеханики и проблем горного производства, тел. (812) 328-85-43, E-mail: kosukhin1991@mail.ru;
Дмитрий Владимирович Сидоров, канд. техн. наук, доцент, кафедра разработки месторождений полезных ископаемых, тел. (812) 328-84-40, E-mail: sidorov@spmi.ru;
Аркадий Николаевич Шабаров, д-р техн. наук, директор-проректор, Научный центр геомеханики и проблем горного производства, тел. (812) 328-85-70, E-mail: shabarov@spmi.ru
(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г.Санкт-Петербург)

Уважаемые коллеги!

Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России» в связи с 20 летним юбилеем организации выпустила памятный знак «20 лет СМР» для вручения членам организации.

Вручение знака членам СМР осуществляется на конференциях и курируемых Союзом курсах повышения квалификации маркшейдеров.



Для получения знака остальными членами СМР просьба направлять заявку через «Маркшейдерский клуб» (<http://smr-club.ru>). При этом просим уточнять личные контактные данные на сайте в категории «Члены СМР», «Личные данные (внесение актуальной информации о себе)» для совершенствования системы доведения актуальной информации до маркшейдерской общест-венности. В соответствии с поступившими заявками отправка знаков будет осуществ-ляться в адрес председателей региональных отделений СМР.

Обращаем Ваше внимание на то, что в связи с большим объемом поступивших заявок их прием продлен на 2016 год.

Также готовы передавать знаки представителям региональных отделений, для чего они должны иметь при себе соответствующий список членов СМР.

Для вступления в Общероссийскую общественную организацию «Союз маркшейдеров России» необходимо ска-чать на «Информационно-аналитическом портале для горняков «Горное дело» (<http://mwork.su>) в разделе «СМР», «Вступление в Союз» заявление и заполнить его. Заявление и цветную фотографию для оформления удостоверения следует пересылать по электронной почте smr@mwork.su.

Ответственной за распределение знаков является Горшкова Марина Геннадьевна (E-mail: smr@mwork, 8(499) 263-15-55, 8(926) 533-40-57).

Редакция «МВ»

УДК 622.831.322

В.С.Зыков, А.С.Харкевич, И.Л.Непомнищев

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Рассмотрены вопросы проявлений опасности по динамическим явлениям в очистных забоях угольных шахт. Раскрыт механизм новых динамических явлений, происходящих в очистных забоях при достижении глубины 400 м, не поддающихся существующим методам прогнозирования. Описаны мероприятия, применявшиеся для предотвращения этих явлений. Предложен порядок оценки опасности выемочных участков при приближении горных работ к указанной глубине.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: угольный пласт; большие глубины; динамические явления; зоны повышенного горного давления; прогноз удароопасности.

V.S.Zykov, A.S.Kharkevich, I.L.Nepomnishchev

THE PREVENTION OF DISPLAYS OF DYNAMIC DANGER IN COAL MINES AT BIG DEPTHS

Questions of displays of danger on the dynamic phenomena in clearing faces of coal mines are considered. The mechanism of the new dynamic phenomena occurring in the clearing coalfaces at achievement of depth of 400 m which aren't giving in to the existing forecasting methods is opened. Events being used for prevention of these phenomena are described. The order of estimation of danger of extraction sites at approach of mining operations to the indicated depth is offered.

KEY WORDS: coal layer; big depths; dynamic phenomena; zones of the increased mountain pressure; forecast of an blow danger.



В.С.Зыков



А.С.Харкевич



И.Л.Непомнищев

Из числа разрабатываемых в настоящее время угольных бассейнов наибольшую потенциальную опасность по динамическим явлениям представляет Кузбасс, что обусловлено сложными условиями отработки угольных пластов в регионе: сильной геологической нарушенностью пластов, высокой газоносностью, низкой газопроницаемостью, опасностью по газодинамическим явлениям (внезапным выбросам угля и газа, внезапным прорывам и экстремальным выделениям газа из под- и надрабатываемых пластов, суфлярам и др.). В различных районах и месторождениях проявление динамической опасности начинается с глубин от 150 до 300 м. С увеличением глубины разработки возрастает вероятность этих проявлений.

На шахтах Кузбасса зарегистрировано более 150 горных ударов и 224 газодинамических явления, в т. ч. 195 внезапных выбросов угля и газа.

В процессе реструктуризации угольной отрасли были закрыты шахты, работающие в наиболее сложных горно-геологических условиях. В результате на определенный период снизилась опасность шахт по динамическим явлениям.

Однако она несколько в другом виде снова начала проявляться при дальнейшем углублении горных работ и достижении действующими шахтами глубин 400 м и более.

В качестве примера можно привести динамические явления на шахте «Первомайская» ОАО «Компания «Кузбассуголь».

На шахте «Первомайская» динамические явления произошли при отработке лавой №33 пласта XXVII на глубине 450 м. Вследствие наличия мощной и прочной основной кровли и ее зависания со стороны отработанного пространства как в самой лаве, так и со стороны вышележащей лавы 31, а также наличия зон повышенного горного давления (далее – ПГД) вследствие оставления целиков на соседнем пласте создавалась очень большая нагрузка на механизированную крепь и краевую часть пласта. Механизированная крепь выдержала нагрузку, но начали происходить динамические явления в забое лавы, представляющие собой резкие разрушения пласта на кромке забоя с выделением значительных объемов газа и угрожающие безопасности горных работ. Эти явления имели свои отличительные особенности. Они не прогнозировались существующими на настоящее время методами, т.к. их возникновение зависит от поведения очень мощной и прочной основной кровли пласта.

В результате снизилась примерно в 5 раз суточная добыча угля в лаве (рис.1).

Предполагается, что развязывание этих динамических явлений определяется процессами в основной кровле пласта. Труднообрушаемая кровля пласта на определенном расстоянии от забоя лавы начинает расслаиваться и образует консоль позади забоя лавы. По мере подвигания забоя лавы на консоль начинают обрушаться породы вышележащих слоев, создавая мгновенные пригрузки на нее, а через нее на краевую часть пласта, которая в то же мгновение разрушается в виде горного удара. Поэтому существующими способами дискретной оценки опасности эти явления не прогнозируются.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

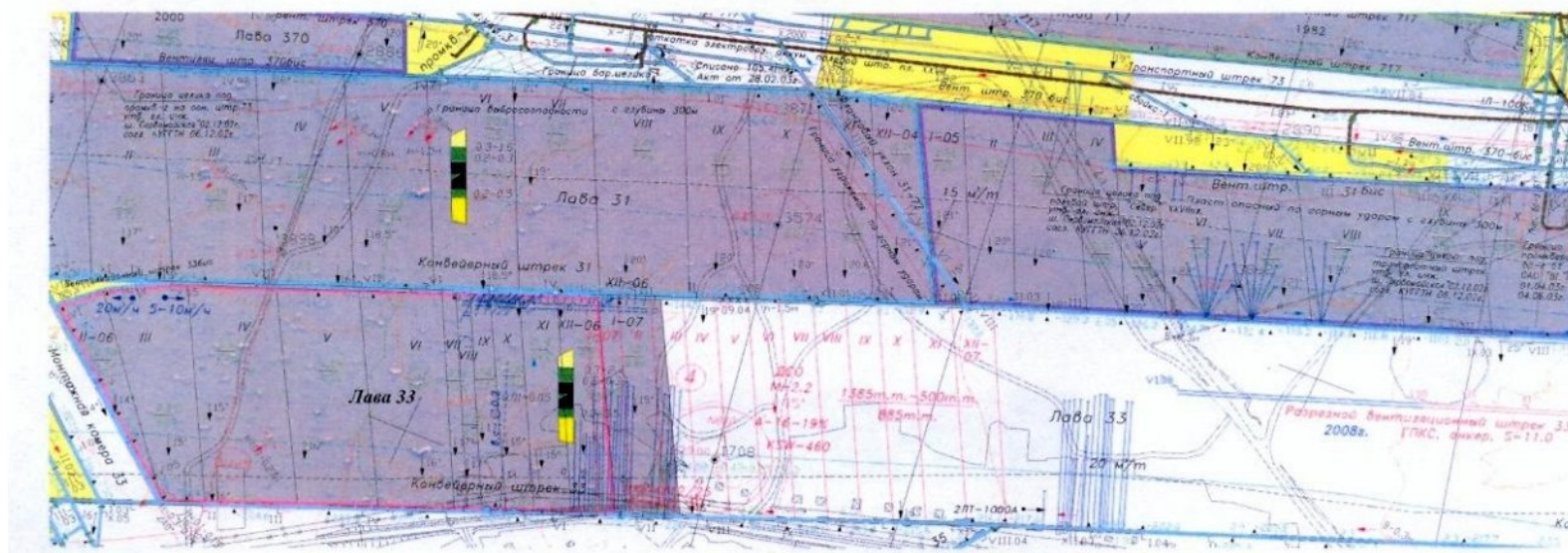


Рис. 1. Оработка пласта XXII лавой 33 на шахте «Первомайская»

Для решения проблемы технический совет компании пригласил специалистов КузГТУ, НЦ ВостНИИ, ВНИМИ и ИГД СО РАН. Совместными усилиями были разработаны и введены в действие мероприятия по предупреждению динамических явлений в лаве 33. Периодически на расширенных технических советах с участием сотрудников указанных выше институтов заслушивались результаты реализации разработанных мероприятий и, при необходимости, вносились необходимые коррективы.

Мероприятия по предупреждению динамических явлений заключались в следующем.

Была проведена ревизия работы секций механизированной крепи в лаве и установлено, что значительная их часть не взаимодействовала с кровлей, т.к. давление в гидростойках было близким к нулю. Было принято решение о необходимости постоянного контроля за состоянием секций крепи. С этой целью с томской фирмой «Ильма» был заключен договор на установку системы автоматизированного контроля за работой секций механизированной крепи с выводом данных к дежурному оператору шахты. После этого все неработающие секции были загружены до номинальной нагрузки.

Кроме того, проводился отрыв зависших консолей кровли пласта по границам очистного забоя со стороны вентиляционного штрека 33 до 20 м по вертикали (см. короткие скважины на рис.1).

Для снижения газоносности пласта впереди забоя лавы 33 бурились с конвейерного штрека по восстанию пласта дегазационные скважины на глубину до 180 м буровой установкой СБГ-4м (рис. 1). На большую глубину, с учетом сложных горно-геологических условий, скважины пробурить не удавалось. При этом расстояние между скважинами было принято равным 5 м, минимальное за всю историю выполнения дегазации на шахтах Кузбасса. По факту оно иногда составляло и меньшую величину.

Одновременно, в связи с невозможностью бурения дегазационных скважин на всю длину лавы, было принято беспрецедентное решение о проходке разрезного вентиляционного штрека 33 навстречу дви-

жению лавы с выходом на ее забой на расстоянии 100 м от вентиляционного штрека с тем, чтобы можно было из него бурить скважины по восстанию пласта и в результате дегазировать угольный массив впереди забоя лавы на всю ее длину.

Применение в дополнение к перечисленным мероприятиям бурения разгрузочных скважин на участках лавы, где происходили динамические явления, и регулирования режима работы комбайна позволило свести к минимуму проявление газодинамической активности в забое лавы и повысить добычу до величины, обеспечивающей рентабельность ее работы.

Ситуация с опасностью по динамическим явлениям обострялась также на шахтах «Алардинская» и «Ерунаковская-VIII» ОАО «ОУК «Южжубассуголь», где глубина горных работ превысила 400 м.

В этой связи предлагается осуществлять предварительную комплексную оценку опасности по динамическим явлениям вновь запускаемых очистных забоев при достижении глубины 400 м. Ниже в качестве примера показан порядок выполнения такой оценки для выемочного столба 6-1-11 шахты «Алардинская».

В процессе комплексной оценки выбороопасности проанализированы следующие факторы, определяющие возможность проявления динамических явлений при отработке выемочного столба 6-1-11:

- геологические характеристики и свойства угля пласта 6 в пределах выемочного столба 6-1-11;
- горнотехнические условия отработки пластов и наличие зон повышенного горного давления (далее - ПГД) и защищенных зон;
- результаты начального прогноза удароопасности пласта 6 выемочного столба 6-1-11;
- энергетическая возможность возникновения динамических явлений на выемочном участке;
- результаты текущего прогноза выбороопасности при проведении оконтуривающих выемочный столб 6-1-11 выработок.

По результатам анализа сделаны выводы о степени опасности ведения горных работ по отработке выемочного блока 6-1-11 шахты «Алардинская» по динамическим явлениям.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

1. Геологические характеристики и свойства угля пласта 6 в пределах выемочного столба 6-1-11

Угленосный массив в пределах рассматриваемого участка характеризуется сложным геологическим строением. При проведении оконтуривающих выемочный столб 6-1-11 подготовительных выработок были встречены тектонические нарушения взбросового типа с амплитудой 0,7-4,5 м, зоны влияния которых характеризуются сжимающими напряжениями. К этим зонам часто бывают приурочены места проявления внезапных выбросов. Однако текущим прогнозом выбросоопасных зон, а также потенциально опасных по внезапным выбросам потенциально выбросоопасных тектонических структур установлено не было. Но не исключено, что внутри выемочного столба вблизи сместителей нарушений тектоническая нарушенность пласта может увеличиться до потенциально выбросоопасной.

При данной степени метаморфизма угля возможны и горные удары.

Один из определяющих показателей выбросоопасности – газоносность угля на глубине планируемой отработки пласта 6 лавой 6-1-11 достигает 17,3 м³/т, величина которой в данных условиях ведения горных работ является достаточной для развязывания внезапного выброса угля и газа.

Большое влияние на свойства углей, в том числе и на его выбросоопасность, оказывает степень метаморфизма. Она оценивается по выходу летучих веществ, содержанию углерода и отражательной способности витринита. Наиболее опасными по данным явлениям показали себя угли средней степени метаморфизма [1], к каковым относится уголь пласта 6, выход летучих для которого составляет 14,5-17,3%.

Рабочая влажность угля пласта 6 находится на уровне критического значения 6% и ниже [2]. Угольный пласт считается невыбросоопасным только при влажности выше 6%. Влажностью угля в указанных пределах характеризуются и удароопасные пласты.

Марка угля ТС входит в число тех, при которых не исключается опасность по внезапным выбросам. Зольность угля пласта 6 на данном участке изменяется в пределах 10,2-12,6 %. Низкая зольность наиболее свойственна опасным по внезапным выбросам зонам пластов. Удароопасные пласты также могут иметь невысокую зольность.

Достаточно высокая, по данным геологической разведки, прочность пласта 6 и наличие активной прочной кровли, в некоторых зонах имеющей прочность выше 100 МПа, говорит о возможности горных ударов в зонах повышенного горного давления при ведении очистных работ в выемочном столбе 6-1-11. Измерения коэффициента крепости угля при текущем прогнозе выбросоопасности в подготовительных выработках пласта 6 в районе ведения горных работ подтвердили геологоразведочные данные о высокой прочности пласта, характерной для удароопасных участков.

2. Горнотехнические условия отработки пластов и наличие зон ПГД и защищенных зон

Пласт 6 залегает в 27 м ниже пласта 3-За. Мощ-

ность пласта в пределах выемочного блока равна 8,9-9,9 м при средней ее величине 9,5 м.

Размеры выемочного столба 6-1-11 составляют 220 м по ширине (длина лавы) и 1220 м по длине. Вынимаемая мощность пласта – 4,5 м. Глубина работ от поверхности в лаве 6-1-11 изменяется от 455 до 620 м. Это значительно ниже глубин, начиная с которых возможно проявление выбросо- и удароопасности. С глубины 300 м шахтопласт 6 отнесен к угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа, а с глубины 150 м – к угрожаемым по горным ударам.

Как известно, при таких значительных величинах мощности пласта, какую имеет пласт 6, внезапные выбросы угля и газа в очистных забоях не проявляются. Согласно [3], примерная средняя ширина зоны опорного давления впереди очистного забоя для пластов с труднообрушаемой кровлей может вычисляться по формуле:

$$L_{o.д} = C \left[(A + B m_g) H^x \right], \text{ м}, \quad (1)$$

где C – коэффициент увеличения ширины зоны опорного давления (принимается в пределах от 1,12 до 1,30; A, B, x – постоянные коэффициенты, для исследуемых условий составляющие соответственно 1,87, 1,13 и 0,40; m_g – вынимаемая мощность пласта, м; H – глубина горных работ в очистном забое, м.

Для выемочного столба 6-1-11 с учетом вынимаемой мощности пласта $m_g=4,5$ м, глубины горных работ 455-620 м, принятой величины коэффициента увеличения ширины зоны опорного давления C от 1,22 до 1,30 примерная ширина зоны опорного давления для пласта 6 будет изменяться согласно вышеприведенной формулы в пределах 101-118 м. Зона влияния очистной выработки на напряженное состояние пласта будет иметь еще большую протяженность с учетом того, что она складывается из зоны опорного давления и зоны разгрузки пласта, граничащей с плоскостью забоя.

Значительным, соответственно, будет и состояние до максимума концентрации напряжений. При наличии в пласте в сечении забоя потенциально выбросоопасной пачки, в которой формируется выбросоопасная ситуация, оно может быть рассчитано, в соответствии с [4], с использованием следующей зависимости:

$$L_n = m_g \left(\frac{0,085}{\frac{K_v}{\frac{e}{\gamma H}} + 0,01} - 0,33 \right) \left(1 - e^{-0,08 t_n} \right) \cdot e^{0,01 r}, \text{ м}, \quad (2)$$

где m_g – мощность потенциально выбросоопасной пачки угля; K_v – напряжения на кромке забоя при наличии выбросоопасной пачки, МПа; γ – удельный вес пород кровли, МН/м³; H – глубина залегания выработки, м; t_n – приведенное время между циклами выемки угля, час; r – вторичный шаг обрушения кровли, м.

Величина параметра K_v рассчитывается по формуле [4]:

$$K_{\sigma} = \frac{3,6}{1 + e^{-7,28(f - 0,75)}}, \text{ МПа}, \quad (3)$$

где f_{σ} – коэффициент крепости по М.М.Протоdjаконову потенциально выбросоопасной пачки угля.

Рассчитанная в соответствии с руководством [2] величина L_n при появлении в сечении забоя потенциально выбросоопасной пачки мощностью 0,5 м с коэффициентом крепости по М.М.Протоdjаконову, равным 0,7 (при таких значениях мощности и коэффициента крепости угля чаще всего начинаются внезапные выбросы), составила 15,7 м. При такой величине L_n расстояние до зоны интенсивного развития квазипараллельных забоев трещин, где формируется максимальное отношение активной силы внезапного выброса к препятствующей его развязыванию пассивной силе, равно 6-10 м. Это много, и достижение здесь величины указанного выше отношения сил, превышающего 1, при котором начинается выброс, маловероятно, т.к. слишком большой слой угля между указанной зоной и забоем противостоит активной силе. При такой величине L_n градиент изменения давления газа от плоскости забоя до его максимального значения будет невысоким, а, следовательно, маловероятно, что активная сила где-либо в зоне интенсивного развития квазипараллельных забоев трещин превысит пассивную и произойдет внезапный выброс.

Невысокая выбросоопасность пласта большой мощности обусловлена также образованием в зоне изгиба пласта на линии забоя на контакте кровли с пластом трещин и дренированием через эти трещины газа в вышележащие породы и отработанное пространство.

В то же время сложное строение пласта, при котором возможно появление в сечении забоя слабой тектонически нарушенной угольной пачки, несколько повышает эту вероятность.

Возникновение повышенной выбросоопасности возможно и при увеличении шага посадки основной кровли в зонах купольных поднятий, характерных, как установлено Кемеровским представительством (ныне – филиалом) ВНИМИ, для шахты «Алардинская» [5], вызывающим зависание длинных консолей кровли позади очистного забоя, а, следовательно, создание зон высокой концентрации напряжений впереди забоя. Это приводит к заземлению кромки пласта на забое, снижению его проницаемости, образованию высокого градиента газового давления и, как результат, возможному превышению активной силы, направленной на разрушение призабойной части массива, над пассивной силой, препятствующей этому разрушению, на некотором удалении от забоя вглубь массива.

С точки зрения опасности по горным ударам можно отметить, что это явление возможно при самых различных значениях мощности пласта. Но сложное его строение при большой мощности пласта 6 уменьшает вероятность удара, т.к. быстрее происходит релаксация напряжений и не создается зон с особо высокой их концентрацией.

На границах выемочного столба отсутствуют отработанные участки, со стороны которых возможно зависание консоли и образование вследствие этого повышенного горного давления.

Выемочный столб 6-1-11 на значительной площади находится в защищенной зоне, созданной лавой 3-30 вышележащего пласта 3. В то же время более глубокая и потому более потенциально опасная по динамическим явлениям нижняя часть лавы 6-1-11 и конвейерный штрек находятся в зоне ПГД от целика между лавами 3-30 и 3-32, в которой, в зависимости от структуры пласта, могут проявиться как горные удары, так и внезапные выбросы (рис. 2). В зоне ПГД или на границе перехода к ней находятся также вентиляционный штрек и верхняя часть лавы 6-1-11.

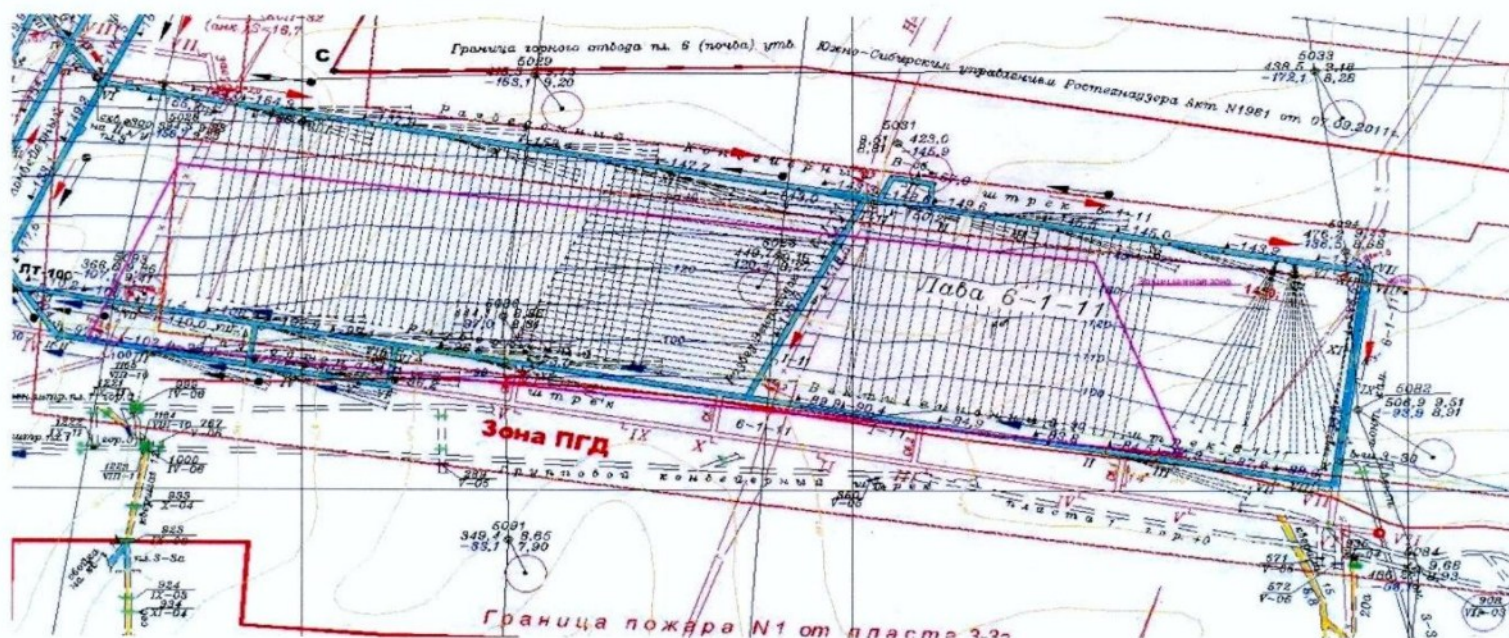


Рис.2. План горных работ с указанием зон ПГД и защищенных зон

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

3. Результаты начального прогноза удароопасности пласта 6 выемочного столба 6-1-11

Начальный прогноз удароопасности выполнен в районе выемочного столба 6-1-11 согласно Инструкции [2].

При прогнозе учитывается влияние основных характеризующих опасность пласта по горным ударам геологических факторов. Для этой цели используется комплексный критерий вида $P = P_1 + P_2 + P_3$, где P_1, P_2, P_3 – баллы, определяемые по табл.1.

Каменноугольные и антрацитовые пласты относятся к угрожаемым по горным ударам при $P \geq 3$.

При указанной выше максимальной глубине ведения горных работ в лаве 6-1-11, равной 620 м, наибольшей прочности пород активной кровли пласта 6, составляющей 109 МПа, и мощности основной кровли до 25 м значение показателя P составит, согласно вышеприведенной таблице, $P = 6,0 + 1,1 + 2,5 = 9,6$, т.е. пласт 6 в выемочном столбе 6-1-11 является потенциально удароопасным.

Таблица 1

Глубина залегания, м	P_1	Прочность пород кровли мощностью 10 м, МПа	P_2	Мощность основной кровли, м	P_3	P
150	1,0	80-100	1,0	10	1,0	
200	2,5			15	1,5	
250	3,0			20	2,0	
300	3,5	109	1,1	25	2,5	9,6
350	4,0			30	3,0	
400	4,5			35	3,5	
450	5,0	200	2,0	40	4,0	
500	5,5			45	4,5	
				50	5,0	
≥ 550	6,0	250	2,5	55	5,5	
		300	3,0	60	6,0	

4. Энергетическая возможность возникновения внезапных выбросов угля и газа на выемочном участке 6-1-11

Оценка потенциальной возможности развязывания внезапного выброса угля и газа в очистном забое при его подвигании на потенциально выбросоопасном участке выполнена по энергетическому критерию [4]:

$$\Delta = W_g + 0,33W_y - 0,18 \geq 0,$$

где W_g – энергия газа; W_y – энергия упругого восстановления угля.

Для определения Δ рассчитываются следующие параметры:

- модуль упругости угля:

$$E_d = \left(\frac{q - 31,1}{4,77} - 0,87 \right) 10^2, \text{ МПа};$$

- удельная масса угля:

$$d = \frac{(159,4 - 19,04 \lg V^{daf}) 10^3}{100 - A}, \text{ кг/м}^3;$$

- относительное газовыделение из угля за 30 сек:

$$b_{30} = 0,165 - \frac{q - 31,1}{407};$$

- значения W_g и W_y :

$$W_g = (9,3X - 0,01) X b_{30} d 10^{-6}, \text{ МДж/м}^3;$$

$$W_y = \frac{(k_{\gamma\gamma})^2}{2E_d}, \text{ МДж/м}^3,$$

где q – минимальная для выемочного столба прочность пласта (по прочностному П1); V^{daf} – средний выход летучих веществ, %; A – средняя зольность угля, %; X – максимальная природная газоносность пласта, м³/т с. б. м; k – максимальный коэффициент концентрации напряжений; H – максимальная глубина от поверхности, м; γ – удельный вес пород вышележащей толщи, МН/м³.

При выполнении энергетической оценки возможности развязывания внезапного выброса принято определенное расчетным путем усредненное значение максимального коэффициента концентрации напряжений k в зоне опорного давления впереди очистного забоя, равное 2,5.

Значение прочности q принято по результатам ее измерений в процессе текущего прогноза выбросоопасности в оконтуривающих выемочный блок 6-4-11 подготовительных выработках. Остальные исходные данные представляют реальные горно-геологические характеристики рассматриваемого объекта.

В табл.2 приведены исходные данные и результаты расчета в указанных выше единицах энергетического показателя Δ для выемочного столба 6-4-11 пласта 6 филиала «Шахта «Алардинская».

Таблица 2

Исходные данные							Результаты расчета					
q	$V^{dat}, \%$	$A, \%$	$X, м^3/т$	k	$H, м$	$\gamma, Н/м^3$	$E_0, МПа$	$d, кг/м^3$	b_{30}	$W_z, МДж/м^3$	$W_y, МДж/м^3$	$\Theta, МДж/м^3$
78	15,9	11,4	17,3	2,5	620	0,025	896	1541	0,050	0,214	0,838	0,285

Данные расчета свидетельствуют о том, что энергии массива достаточно для развязывания внезапного выброса угля и газа. Но опасность реальна в том случае, если в сечении забоя присутствует тектонически нарушенная структура угля (пачка, совокупность смежных пачек или какое-либо угольное включение), имеющая величину нормальной мощности 0,2 м и более. Поэтому очень важным является отслеживание тектонической структуры угля по всей длине лавы с тем, чтобы вовремя установить момент возможного появления такой структуры в каком-либо месте забоя и применить описанные ниже мероприятия.

5. Результаты текущего прогноза выбросоопасности при проведении оконтуривающих выемочный столб 6-1-11 выработок

При выполнении текущего прогноза выбросоопасности в процессе проведения подготовительных выработок потенциально выбросоопасных структур угольного пласта установлено не было.

Анализ измерений прочности угля по М.М.Протоdjяконову показал, что ее значения изменялись от 78 до 84, т.е. были выше критической величины 75 и, следовательно, не являлись потенциально выбросоопасными. При визуальных обследованиях забоя потенциально выбросоопасных структур также не было установлено.

Таким образом, выбросоопасные зоны в процессе текущего прогноза при проведении оконтуривающих выемочный столб 6-1-11 выработок отсутствовали.

Измеренные максимальные значения начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров

имели низкую величину по сравнению с критическим ее значением 4 л/мин, при достижении которого могут проявляться внезапные выбросы угля и газа. Это говорит о том, что при полученных значениях данного параметра зоны в окрестности забоев были бы не опасными по внезапным выбросам даже при наличии потенциально выбросоопасных структур угля.

Однако, учитывая специфичную тектоническую нарушенность, характерную для выбросоопасных пластов, и наличие зон ПГД, нельзя исключить появление потенциально выбросоопасных структур угля и выбросоопасных зон внутри выемочного столба. Поэтому при продвижении забоя следует выполнять контроль структуры пласта и, при установлении ее потенциальной выбросоопасности, текущий прогноз. Особое внимание необходимо обращать на пересечение забоем лавы зон влияния геологических нарушений и зон ПГД.

Результаты комплексной оценки выемочного столба 6-1-11 по динамическим явлениям

В целом из рассмотрения горно-геологических условий залегания пласта 6 в выемочном блоке 6-1-11 следует, что его отработка не исключает пересечения забоем опасных по динамическим явлениям зон и требует применения специальных мероприятий по исключению неожиданного входа в такую зону и своевременному выполнению способов предотвращения выбросов.

Выемочный участок 6-1-11 находится в сложном напряженном состоянии. На площади участка присутствуют различные по степени динамической опасности зоны (рис.3).



Рис.3. Зоны различной степени опасности по газодинамическим проявлениям на плане горных работ выемочного участка 6-1-11

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Конвейерный штрек и нижняя часть лавы 6-1-11 на удалении от 11 м (у монтажной камеры) до 41 м (у демонтажной камеры) находятся в зоне ПГД от целика между лавами 3-30 и 3-32. Верхняя часть лавы 6-1-11 и ее вентиляционный штрек примерно на одну треть от длины выемочного столба находятся в зоне ПГД от краевой части пласта 3 вследствие его отработки лавой 3-30, а в остальной части выемочного столба они находятся в переходной зоне между защищенной зоной и зоной ПГД. В зонах ПГД и часто в переходных зонах особенно возрастает опасность по горным ударам и внезапным выбросам. В зависимости от структуры пласта в этих зонах могут проявиться как горные удары, так и внезапные выбросы.

Наибольшую степень опасности представляют зоны ПГД от влияния горных работ на пласте 3, осложненные влиянием тектонических нарушений взбросового типа. Известно, что в зонах влияния нарушений имеется как зона разгрузки в месте расположения сместителя разрывного нарушения или оси пликативного нарушения и непосредственной близости от них, так и зона пригрузки, следующая за зоной разгрузки. В зонах разгрузки от нарушений, находящихся внутри построенной зоны ПГД, напряжения могут быть ниже удароопасных величин. В зонах пригрузки опасность по ударам будет повышаться. Но в том и другом случае может появиться опасность по внезапным выбросам вследствие присутствия в пласте тектонической структуры.

В этих зонах обязательно должен применяться усиленный вариант мероприятий по предупреждению динамических явлений в горных выработках.

Высокой степенью опасности по динамическим явлениям характеризуются зоны ПГД от влияния целиков и краевых частей отработанной выше части пласта 3. Зоны представляют опасность по горным ударам, а при наличии потенциально выбросоопасной угольной пачки и по внезапным выбросам угля и газа.

Пониженную степень опасности имеют зоны, защищенные отработкой вышележащего пласта 3. В пределах этих зон в соответствии с Инструкцией [2] не требуется применение мероприятий по предупреждению внезапных выбросов угля и газа, а также, в период защитного действия, и мероприятий по предупреждению горных ударов.

В конвейерном и вентиляционном штреках прогноз удароопасности должен осуществляться впереди очистного забоя по всей ширине зоны опорного давления от очистного забоя, равной 101-118 м для условий выемочного столба 6-1-11.

Зоны наложения ПГД и тектонических нарушений угольного пласта, как имеющие наивысшую степень опасности по газодинамическим проявлениям,

целесообразно заранее привести в неопасное состояние.

Вероятность проявления опасности по внезапным выбросам угля и газа при ведении очистных работ очень мала, однако следует осуществлять контроль за структурой пласта при подвигании забоя и при установлении тектонически нарушенной структуры выполнять контроль за выбросоопасностью. При этом в защищенной зоне опасность по выбросам не контролируется, т. к. действие в отношении данных явлений не имеет срока ограничения.

Проявлению удароопасности могут предшествовать и сопутствовать выдавливания угля, толчки, а выбросоопасности – отжимы угля с повышенным газовыделением, прорывы газа из зон тектонических нарушений. Эти явления более слабые, но в некоторых случаях представляют серьезную опасность. Их предотвращение реализуется совместно с предотвращением ударов и выбросов.

Для предотвращения суффлярных, т.е. продолжающихся достаточно долго во времени газовыделений из угольного пласта, которые возможны в зонах влияния тектонических нарушений, следует предусмотреть специальные мероприятия по локализации и дегазации их источников.

В заключение данной статьи можно констатировать, что описанный выше порядок оценки потенциальной опасности по динамическим явлениям может быть реализован практически для всех подготовленных к выемке очистных забоев.

Литература

1. Чернов О.И., Пузырев В.Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. – М.: Недра, 1979. – 296 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа (РД 05-350-00) // Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: Сборник документов. Серия 05. Нормативные документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в угольной промышленности. 3-е изд., испр. – Выпуск 2 / НТЦ «Промышленная безопасность». – М.: ООО «ГЕО-ТЕК», 2004. – 303 с.
3. Калинин С.И., Колмагоров В.М. Геомеханическое обеспечение эффективной выемки мощных пологих пластов с труднообрушаемой кровлей механизированными комплексами. Кемерово: КузГТУ, 2002. – 113 с.
4. Руководство по предупреждению внезапных выбросов угля и газа в очистных забоях угольных шахт. 2-е изд., исправленное / В.С.Зыков, Г.Н.Фейт, И.В.Желтков и др. – Кемерово, 2002. – 34 с. – (НЦ ВостНИИ).
5. Лазаревич Т.И., Мазикин В.П. и др. Геодинамическое районирование Южного Кузбасса. Кемерово: Весть, 2006. – 180 с.

Виктор Семенович Зыков, д-р техн. наук, профессор, глав.научн. сотр., тел.+7(3842) 58-00-40, E-mail: zikovvs@icc.kemsc.ru, vnimizvs@mail.ru;

Андрей Сергеевич Харкевич, зав.лабораторией, тел.+7(3842) 58-78-38; (Кемеровский филиал ВНИМИ);

Иван Леонидович Непомнищев, мл.научн.сотр., Институт угля СО РАН, тел.8-923-607-67-82, г.Кемерово

УДК 622.83

С.Ю.Новоженин, Д.З.Мукминова

АНАЛИЗ ДАННЫХ НАТУРНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ СООРУЖЕНИИ ЭСКАЛАТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Проанализированы данные натурных маркшейдерских наблюдений за процессом сдвижения при строительстве эскалаторных тоннелей в Санкт-Петербурге. Рассмотрены технологии строительства эскалаторных тоннелей с замораживанием грунтов и проходки тоннелепроходческим механизированным комплексом.

Определены параметры мульды сдвижения, проведен анализ распределения сдвижений в мульдах с помощью метода типовых кривых с аналитическим заданием функций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эскалаторный тоннель; сдвижение и деформации; натурные наблюдения; мульда сдвижения; типовые кривые.

S. Yu. Novozhenin, D. Z. Mukminova

ANALYSIS OF MINING SURVEYING DATA DURING THE ESCALATOR TUNNELS CONSTRUCTION IN SAINT-PETERSBURG

The article analyzes the data of mining surveying observations on the process of displacement during construction escalator tunnel in St. Petersburg. The technologies of construction escalator tunnels with the freezing of soils and tunneling with tunnel boring machine are described.

The parameters of the displacement troughs are defined. The analysis of the displacement distributions in the trough is carried out by the method of standard curves with analytical functions assignment.

KEY WORDS: escalator tunnel; displacements and strains; mining surveying; displacement trough; standard curves.



С.Ю.Новоженин Д.З.Мукминова

Известным фактом является то, что когда численность населения в городе превышает миллион человек, возникает необходимость

в строительстве метрополитена, так как наземный транспорт не в состоянии справиться с выросшим пассажиропотоком. Метрополитен является наиболее удобным и быстрым средством передвижения пассажиров в мегаполисах. Но строительство объектов метрополитена сопряжено со многими трудностями. Как известно, любое ведение подземных работ сопровождается смещениями и деформациями земной поверхности. На поверхности образуется мульда сдвижений (оседаний), что может нанести ущерб зданиям, попавшим в зону опасного влияния. Из всего комплекса выработок метрополитена эскалаторные тоннели традиционно оказывают наибольшее вредное влияние на земную поверхность. Так, результирующие значения вертикальных сдвижений (оседаний) при использовании традиционной технологии замораживания грунтов могут достигать 450-500 мм. Применение современных технологий в подземном строительстве (проходка тоннеля ТПМК – тоннелепроходческим механизированным комплексом) позволяет существенно снизить величины сдвижений и деформаций, возникающих в массиве горных пород и земной поверхности, однако, как показывает практика, в этом случае также возникают сдвиги и деформации, которые могут представлять опасность для зданий и сооружений [1].

Повреждение, и, как следствие, возможное раз-

рушение подрабатываемых тоннелями зданий и сооружений в городских условиях является недопустимым. В связи с необходимостью обеспечения безопасной эксплуатации объектов на поверхности анализ процессов, происходящих в массиве, является крайне важным. В данной статье рассмотрены данные натурных наблюдений при строительстве следующих эскалаторных тоннелей станций метро в Санкт-Петербурге: «Сенная», «Садовая», «Лиговский проспект» (пройденных с замораживанием грунтов) и «Адмиралтейская», «Спасская», «Обводный канал» (пройденных ТПМК).

Проходка эскалаторных тоннелей с замораживанием грунтов является традиционным способом строительства, применяемым в сложных горно-геологических условиях. Во время самой проходки тоннеля, как показывают данные натурных наблюдений, существенных проявлений процесса сдвижения на земной поверхности не происходит из-за работы созданного ледопородного ограждения. Но при последующем оттаивании пород геомеханическое состояние массива существенно изменяется, что приводит к интенсивному развитию сдвижений и деформаций в толще и в мульде сдвижения на поверхности. В настоящее время технология проходки эскалаторных тоннелей в заморозке применяется в тех случаях, когда строительство ведется на незастроенных территориях.

Тоннелепроходческий механизированный комплекс снижает влияние подземных работ на грунтовой массив, а следовательно, и на земную поверхность. К достоинствам новой технологии относятся: возможность постоянно удерживать забой в устойчивом состоянии путем изменения подаваемого давления, высокая степень механизации работ, малое время проходки наклонного тоннеля. В числе наиболее серьезных недостатков следует упомянуть высокую

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

стоимость строительства и необходимость выполнения ряда вспомогательных работ (строительство стартового котлована, монтаж-демонтаж ТПМК, сооружение шпунтового ограждения и т.д.). В случаях, когда на земной поверхности в зону влияния попадают объекты застройки, тем более в сложных горно-геологических условиях, применение ТПМК является безальтернативным вариантом.

Традиционным способом изучения процесса сдвижения являются натурные маркшейдерские наблюдения. Наблюдательные станции в случае проходки эскалаторных тоннелей представляют собой взаимно перпендикулярные линии грунтовых реперов, расположенные на земной поверхности вдоль и поперек оси тоннеля (рис.1, а). Когда устройство подобных станций не представляется возможным вследствие плотности застройки, наблюдения в основном ведут по реперам, заложенным в зданиях (рис.1, б).

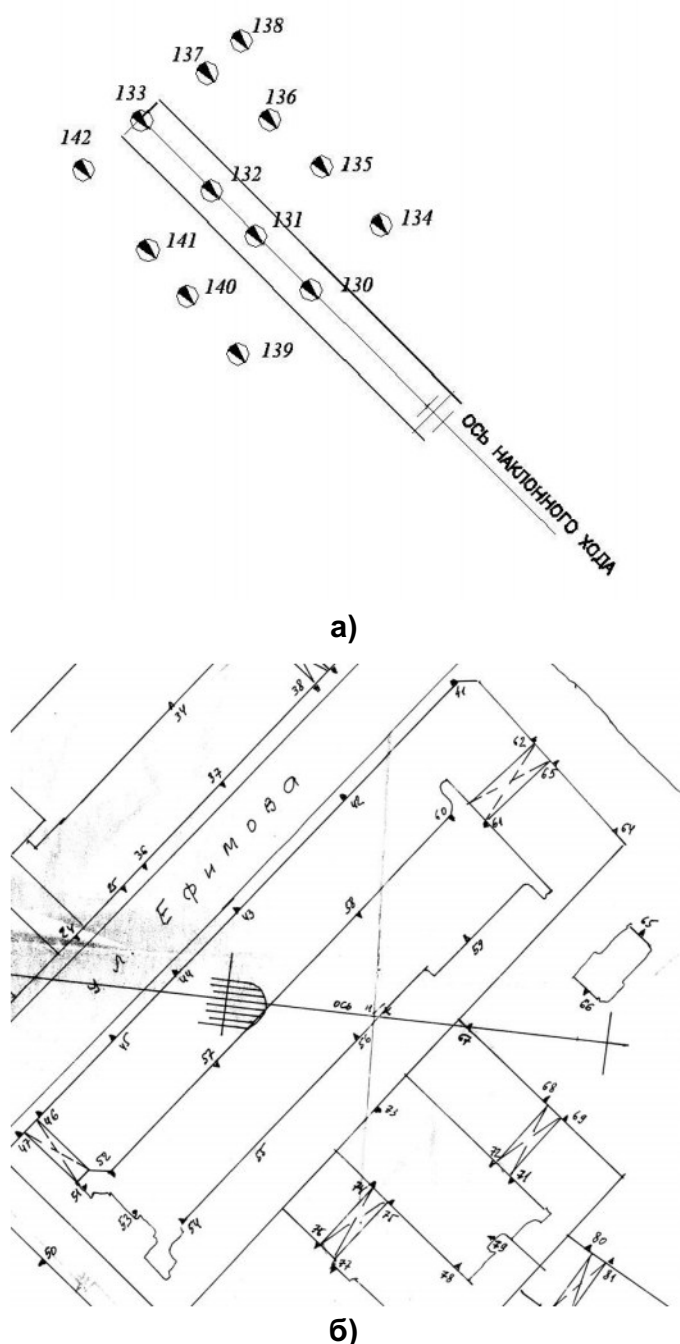


Рис.1. Наблюдательные станции при строительстве эскалаторных тоннелей станций метро
а) «Спасская», б) «Сенная»

Сечения, проходящие через точку максимального оседания вдоль и перпендикулярно оси тоннеля, называются главным продольным и главным поперечным сечением мульды сдвижения соответственно. В ходе данного исследования были рассмотрены указанные сечения для мульд перечисленных ранее эскалаторных тоннелей.

Результаты натурных маркшейдерских наблюдений, произведенных при проходке всех эскалаторных тоннелей в условиях Санкт-Петербурга, позволяют говорить о постепенном развитии оседаний в мульдах сдвижения на земной поверхности. Пример развития мульды сдвижения при строительстве эскалаторного тоннеля станции «Сенная» в главных продольном и поперечном сечении представлен на рис.2. Из-за недостатка данных для определения границ мульды сдвижения в продольном направлении эти мульды использовались, главным образом, для определения параметров мульды сдвижения. Для дальнейшего исследования распределения оседаний в пределах мульды использовались в основном главные поперечные сечения.

В данном примере размеры мульды сдвижения достигают 150 м в поперечном направлении. Максимальные оседания на земной поверхности составили 418 мм, максимальные деформации наклонов $i=13,1 \cdot 10^{-3}$, максимальные деформации кривизны $k=9,8 \cdot 10^{-4}$ 1/м. Указанные характеристики определены для всех рассмотренных в исследовании эскалаторных тоннелей, результаты представлены в табл.1.

Значения деформаций, рассчитанные по данным натурных наблюдений, существенно превышают значения критических деформаций наклонов и кривизны, которые определяют зону опасного влияния согласно «Правилам охраны...» [2].

Для исследования мульды сдвижения использовался метод типовых кривых, традиционно применяющийся в маркшейдерской практике. Типовая кривая – безразмерная функция распределения основных видов сдвижений и деформаций. Аналитическое задание типовой функции наиболее удобно для последующих расчетов. Основная задача при этом заключается в определении аналитического выражения типовой кривой. В ходе исследования для описания формы кривой была выбрана функция, предложенная С.П.Колбенковым. Она имеет следующий вид:

$$S = (1 - z)^{a \cdot z^b \cdot e^{cz}}, \quad (1)$$

где $S(z)$ – единичная функция распределения оседания земной поверхности в сечении мульды сдвижения.

При этом аргумент функции – единичное расстояние от точки максимального оседания:

$$z = x / L, \quad (2)$$

где L – длина полумульды, x – абсцисса рассматриваемой точки (начало координат в точке максимального оседания), e – основание натурального логарифма, a, b, c – постоянные коэффициенты.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

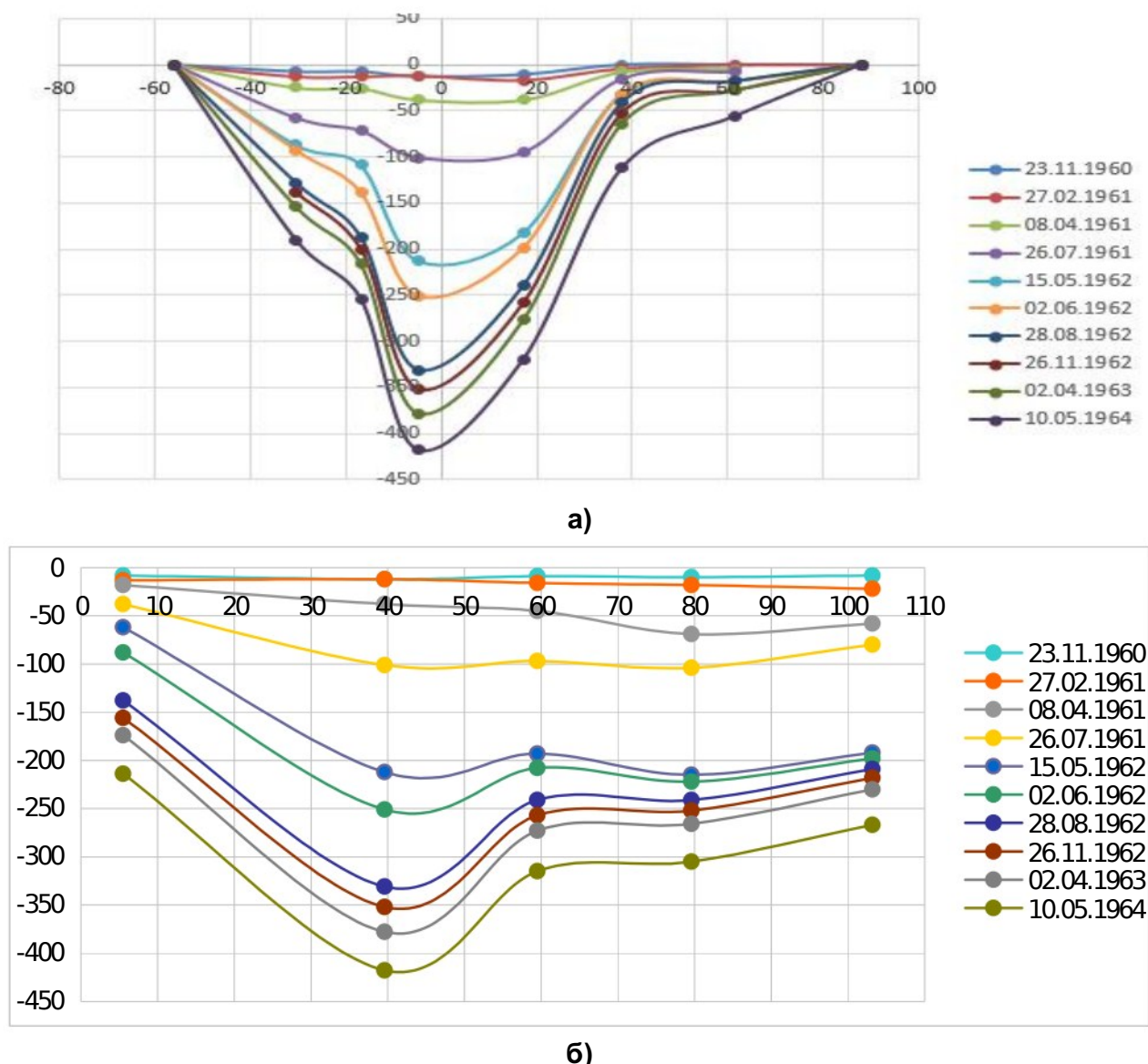


Рис.2. Развитие мульды сдвижения при строительстве эскалаторного тоннеля станции «Сенная»:
а) главное поперечное сечение, б) главное продольное сечение

Таблица 1

Характеристики мульд сдвижения от строительства эскалаторных тоннелей в Санкт-Петербурге

Параметры мульды	Эскалаторные тоннели станций метро					
	Обводный	Адмирал-тейская	Спасская	Сенная	Садовая	Лиговский проспект
$\eta_{\max}$ на конец проходки тоннеля, мм	92	27	30	176	118	86
$\eta_{\max}$ на момент окончания наблюдений, мм	93	48	57	418	462	260
Деформации наклонов	-0.0064	0.0026	-0.0025	0.0131	-	-
Деформации кривизны, 1/м	0.0014	0.0002	0.0002	0.0010	-	-
Размеры мульды по оси тоннеля, м	>110	>110	>75	>100 м	>80 м	>110
Размеры полумульд перпендикулярно оси тоннеля (левая / правая), м	30/35	45/75	40/35	56/88	-/56	90/130
Положение точки максимального оседания (расстояние от БВВ), м	24	60	35	40	29	-

Математическая обработка результатов исследований производилась в программном комплексе MathCad. Три коэффициента, присутствующие в формуле (1), определяются оператором genfit, реализующим метод нелинейной регрессии. Идея подбора функции заключается в том, чтобы среднеквадратическое отклонение полученных по формуле величин оседания и величин-результатов моделирования бы-

ло минимальным. На рис.3, 4 показаны построенные графики кривых оседаний.

В результате значения полученных коэффициентов оказались близкими, поэтому они были усреднены. Далее было произведено сравнение кривых оседаний с функцией, предложенной в «Пособии...» для условий Санкт-Петербурга [3] (рис.5, 6).

В результате исследований получены значения

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

функций кривых, описывающих мульд сдвижения в главном сечении.

Кривая для мульд эскалаторных тоннелей, пройденных ТПМК:

$$S = (1 - z)^{18,60 \cdot z^{2,14} \cdot e^{-2,69z}} \quad (3)$$

Кривая для мульд эскалаторных тоннелей, пройденных с заморозкой грунта:

$$S = (1 - z)^{13,52 \cdot z^{1,03} \cdot e^{-2,54z}} \quad (4)$$

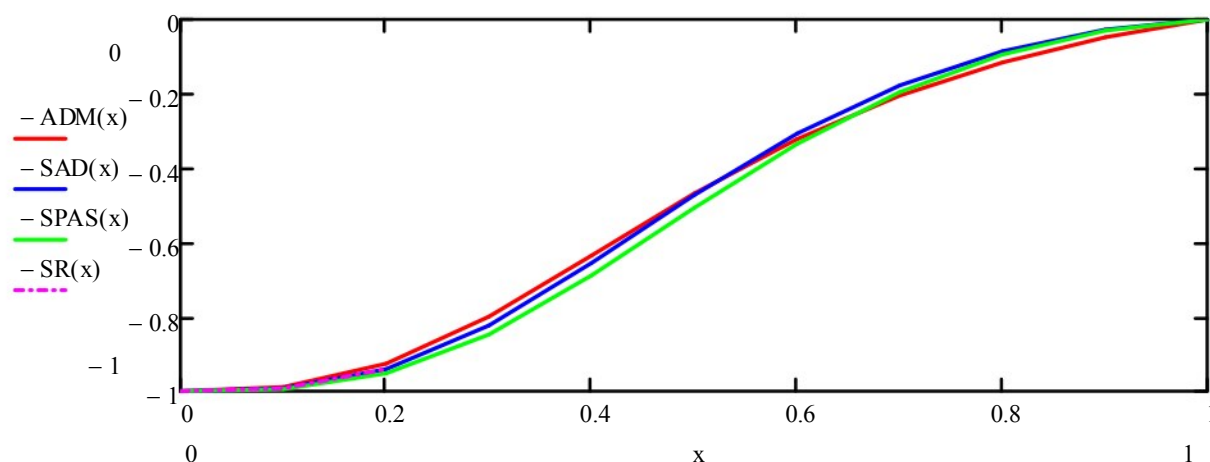


Рис.3. Кривые оседаний для эскалаторных тоннелей, пройденных ТПМК

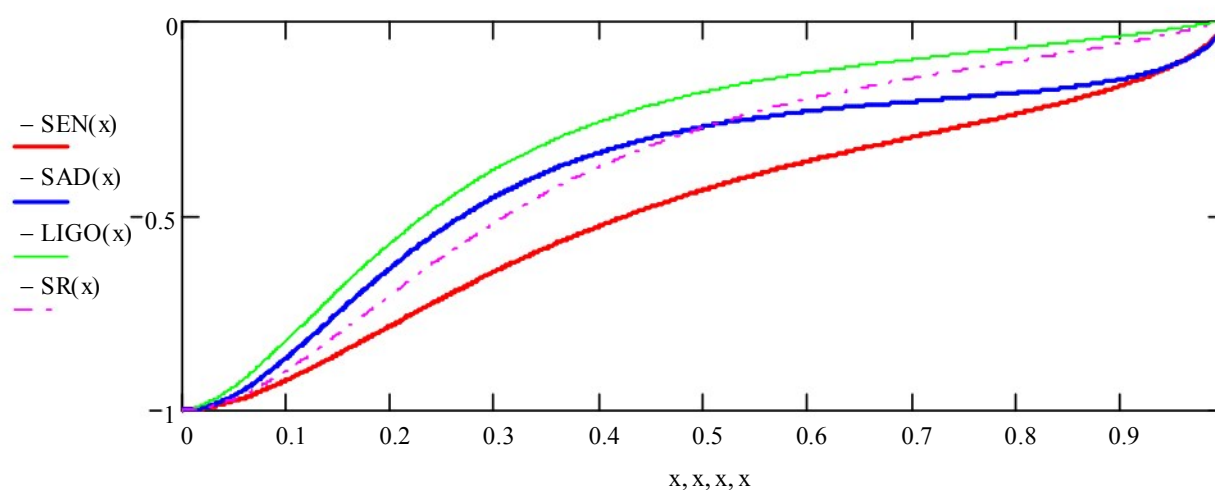


Рис.4. Кривые оседаний для эскалаторных тоннелей, пройденных с заморозкой грунта

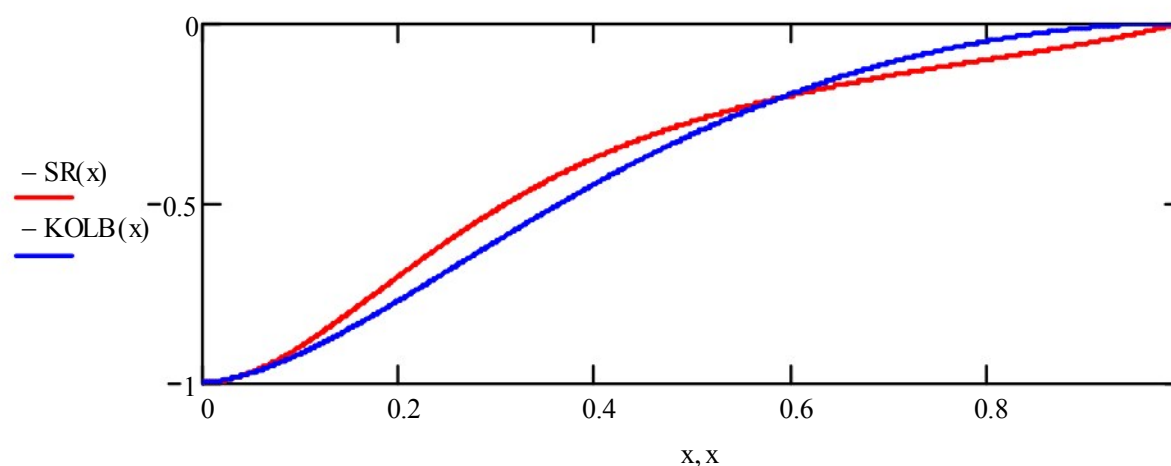


Рис.5. Сравнение кривых оседаний эскалаторных тоннелей, пройденных способом ТПМК (СКО=0,097)

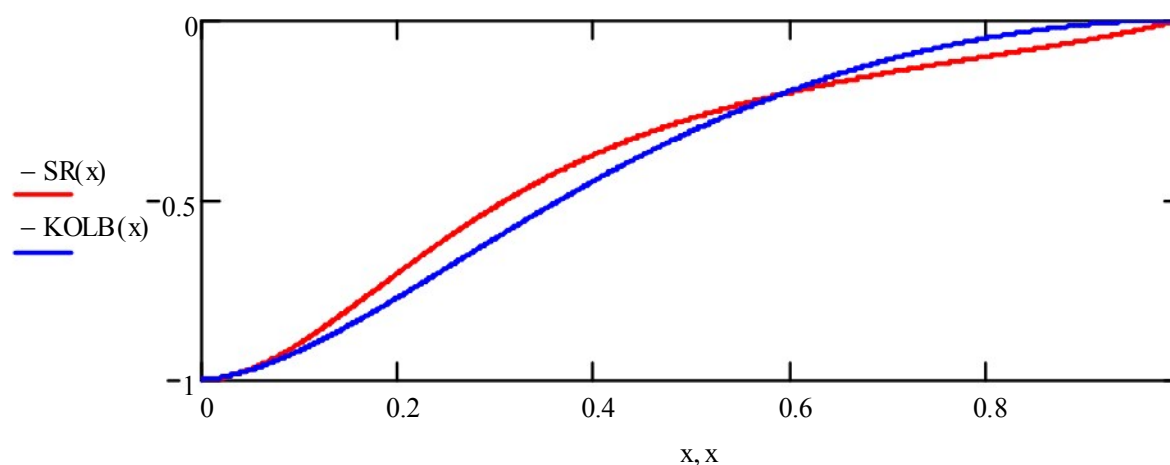


Рис.6. Сравнение кривых оседаний эскалаторных тоннелей, пройденных с заморозкой грунта (СКО=0,107)

Сравнение полученной типовой функции с типовой функцией из методики «Пособия...» показало, что принятая методиками функция пригодна для использования и получения качественных характеристик процесса сдвижения в исследованиях при строительстве эскалаторных тоннелей.

Проведенные исследования данных натурных наблюдений позволили сформулировать ряд недостатков методики измерений, затрудняющих обработку результатов:

1) нерегулярное расположение реперов наблюдательных станций, что в ряде случаев обуславливает невозможность определения границ мульды;

2) нерегламентированная продолжительность мониторинговых наблюдений, зачастую не позволяет оценить время окончания процесса сдвижения на земной поверхности;

3) сохранность грунтовых и видимость ственных реперов не обеспечивается на весь период строительства эскалаторных тоннелей.

Выводы

На основании анализа натурных данных с применением метода типовых кривых исследованы мульды сдвижения от строительства эскалаторных тоннелей станций петербургского метрополитена, формы кривых описаны аналитически. Проведенные исследования мульды вышеозначенных эскалаторных тоннелей с граничным критерием оседаний показали,

что типовая кривая «Пособия...» применима и для описания мульды тоннелей, пройденных ТПМК, и для описания мульды тоннелей, пройденных с замораживанием пород. Для более точных расчетов необходимо уточнение и обоснованный выбор граничного критерия, что в условиях ограниченности данных натурных наблюдений не всегда представляется возможным. В ходе исследований выявлены недостатки методик натурных наблюдений, исправление которых будет способствовать повышению качества мониторинговых наблюдений.

Литература

1. Новоженин С.Ю. Прогноз сдвижений и деформаций горных пород при сооружении эскалаторных тоннелей метрополитена тоннелепроходческими механизированными комплексами : дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.16 / Новоженин Сергей Юрьевич. – Санкт-Петербург, 2014. – 147 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях [Текст] : ПБ 07–269–98 : утв. постановлением Госгортехнадзора России от 16.03.98 №13. – СПб. – 1998. – 291 с.
3. Пособие по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горнопроходческих работ при строительстве метрополитена [Текст] / В.Ф.Подиков, Ю.Ф.Соловьев, В.М.Капустин [и др.]. – Л., Стройиздат (Ленингр. отделение). – 1973. – 72 с.

Сергей Юрьевич Новоженин, канд.техн.наук, ассистент кафедры маркшейдерского дела, тел. (812) 328-82-59,
E-mail: kmd@spmi.ru;
Диана Зинуровна Мукминова, студентка кафедры маркшейдерского дела, тел. (812) 328-82-59,
E-mail: diana10.93@mail.ru
(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г.Санкт-Петербург)

УДК 622.1:528

М.Б.Нурпеисова, Н.А.Милетенко

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рассмотрены вопросы, связанные с деформированием земной поверхности при разработке нефтегазовых месторождений. Оценка влияния различных факторов на процесс оседания земной поверхности производится путем теоретического расчета оседаний кровли пласта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтегазовые месторождения; земная поверхность; деформации; оседание; кровля пласта; давление.

М.Б.Nurpeisova, N.A.Miletenko

FORECASTING OF TECHNOGENIC SETTLING OF THE TERRESTRIAL SURFACE

The questions connected with deformation of a terrestrial surface when developing oil and gas fields are considered. The assessment of influence of various factors on process of subsidence of a terrestrial surface is made by theoretical calculation of settling of a roof of layer.

KEY WORDS: oil and gas fields; terrestrial surface; deformations; subsidence; layer roof; pressure.



М.Б.Нурпеисова Н.А.Милетенко

Крупномасштабное освоение нефтегазовых ресурсов приводит к интенсивным движениям земной поверхности, как в пределах локальных площа-

учно-обоснованные суждения о возможных состояниях объекта в пространстве и времени [3-7]. Систематизация и анализ натурных данных по аномальному проявлению геомеханических процессов, а также разработка методики прогноза, контроля и предотвращения опасного взаимодействия геомеханических и гидрогеологических процессов необходимы и с точки зрения обеспечения экологической безопасности ведения горных работ и сохранения недр Земли [2, 9-11].

На современном этапе развития прикладной геодезии отсутствует научно обоснованная методика проведения мониторинга за деформациями земной поверхности разрабатываемых нефтегазовых месторождений. В связи с этим неоправданно возрастает себестоимость проведения работ и теряется информативность исследований.

Таким образом, при организации мониторинга за движением земной поверхности в районе добычи нефти и газа возникают следующие специфические требования: 1) повышение информативности результатов; 2) повышение оперативности наблюдений; 3) экономическая эффективность исследований. Именно с этих позиций поставлена цель, обоснована идея, сформулированы задачи исследований кафедры «Маркшейдерского дела и геодезии» КазННТУ имени К.И.Сатпаева на месторождениях Тенгиз и Ботакан.

При решении задачи определения техногенных ОЗП наряду с геодезическими методами широкое распространение получили методы теоретических расчетов ОЗП. На сегодняшний день разработаны следующие методы для расчета ОЗП:

- основанные на теории предельного равновесия сыпучей среды;
- основанные на применении теории пластичности;
- основанные на использовании особых моделей деформируемой среды;
- статистический метод расчета деформаций земной поверхности;
- расчет на основе теории потенциала;
- расчет на основе теории упругости;
- расчет с использованием дифференциальных уравнений.

Результаты теоретического расчета техногенных ОЗП дают результаты менее точные, чем собст-

дей, так и в отдельных структурных элементах. Во многих нефтегазоносных бассейнах мира зарегистрированы сильные и даже катастрофические геодинамические явления, связанные с добычей нефти и газа. Эти явления реализуются в форме землетрясений, активизации разломов в осадочной толще и интенсивных оседаний в земной поверхности. Все это является прямым следствием изменения геодинамического режима геологической среды под влиянием крупномасштабного освоения недр, что убедительно подтверждается результатами экспериментальных исследований движения земной поверхности на примере природо-техногенной системы «Прикаспийская зона».

Для эффективной и безопасной разработки нефтегазовых месторождений необходимо исследовать воздействие природных и техногенных факторов на развитие деформационных процессов, что позволит оценить возможности регулирования их влияния на породный массив, земную поверхность и инженерные сооружения. Таким образом, одной из актуальных проблем при интенсивном ведении добычи полезных ископаемых, особенно в сейсмоактивных регионах, является изучение техногенных движений земной поверхности [1,2].

Для правильного прогноза оседания земной поверхности (ОЗП) и принятия соответствующих мер по предупреждению вредных влияний от добычи нефти и газа необходимо знание именно техногенной составляющей общей величины вертикальных ОЗП, иначе меры по предупреждению этих оседаний приведут к неоправданным материальным затратам и будут неэффективны. В связи с этим особую важность приобретает достоверный и оперативный прогноз техногенных ОЗП, под которым понимается на-

венно повторные геодезические измерения. Однако, представляется перспективным их использование как на стадии проектирования техногенных полигонов (определении мест возможных максимальных ОЗП), так и для сопоставления рассчитываемых величин техногенных ОЗП с аналогичными величинами, полученными в результате инструментальных наблюдений.

Состояние нефтегазоносного пласта в процессе его разработки зависит от природных и техногенных факторов. Природные факторы включают в себя геологические особенности строения нефтегазоносных коллекторов и свойства горных пород, из которых состоит пласт. К числу техногенных факторов относятся: способы размещения эксплуатационных и нагнетательных скважин, темпы добычи и закачки жидкости и другие.

При разработке нефтяных залежей пластовое давление изменяется. При уменьшении пластового давления увеличивается давление, сжимающее скелет пласта, а при увеличении пластового давления оно уменьшается.

На объем порового пространства нефтяных коллекторов влияют несколько факторов.

Первый фактор: при уменьшении пластового давления увеличивается объем зёрен породы, и в результате сокращается объем пор.

Второй фактор: при падении пластового давления зёрна породы испытывают деформацию из-за действия сжимающего давления на скелет пласта. При этом увеличивается поверхность контактов между зёрнами, что, в свою очередь, приводит к уменьшению объема пор.

Третий фактор: уменьшение объема пор возможно также при скольжении отдельных зерен по поверхности их взаимного соприкосновения, скалывании неровностей.

Исходя из этого, т.е. по типам разрабатываемых коллекторов, по изменению их упругих свойств и по вертикальному сжатию скелета нефтяного пласта, рассматриваемые месторождения разделены на две группы: *гранулярные* и *трещинно-кавернозные* коллекторы.

Согласно гипотезе гидростатического напряженного состояния, выдвинутой А.Геймом, напряженное состояние земной коры в любой ее точке является функцией глубины залегания горных пород. Гейм полагал, что напряжения в земной коре должны распределяться по гидростатическому закону, т.е.

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \rho H, \quad (1)$$

где σ_x , σ_y - нормальные горизонтальные напряжения; σ_z - нормальное вертикальное напряжение; ρ - объемный вес породы; H - глубина дневной поверхности.

Принимая гипотезу гидростатического напряженного состояния, величину вертикального сжатия коллектора можно определить по следующей формуле:

$$\partial \eta = \frac{1}{3} h [\beta_{ck} d(\sigma - P) + \beta_{TB} dP], \quad (2)$$

где β_{ck} - коэффициент объемного сжатия скелета пласта; σ - среднее нормальное напряжение, МПа; h - вы-

сота пласта, м; P - пластовое давление, МПа; β_{TB} - коэффициент сжимаемости твердой фазы коллекторов; dP - падение пластового давления, МПа.

Как видно из формулы (2), основными параметрами, характеризующими объемное сжатие коллекторов, являются величина объемной деформации пор пласта и величина объемной деформации твердой фазы коллекторов.

Для расчета оседаний земной поверхности предлагаются различные формулы. С.Авершиным для расчёта ОЗП выведено уравнение:

$$\frac{\partial \eta}{\partial z} = a(z) \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}. \quad (3)$$

В уравнении Р.Муллера коэффициент принят зависящим от Z линейно:

$$\frac{\partial \eta}{\partial z} = a(z) \left[\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \right]. \quad (4)$$

Во всех уравнениях η - величина ОЗП; $a(z)$ - коэффициент, характеризующий изменение свойств горных пород по вертикали; x , y , z - прямоугольные координаты.

Наиболее точно отражающим реальные условия залегания пластов принято считать уравнение (4), но здесь необходимо определять три величины (x , y , z).

Для расчета ОЗП в условиях нефтегазовых месторождений, введем цилиндрическую систему координат (рис.1). Центр кровли месторождения принимаем за начало системы координат.

Пласт залегает на глубине H и его радиус равен r . Оседание кровли пласта (ОКП) не распространяются за пределы окружности радиуса r с центром в начале координат. В этой системе координат уравнение (4) примет параболический вид:

$$\frac{\partial \eta}{\partial z} = \left[\frac{\partial^2 \eta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial r} \right] \cdot a(z). \quad (5)$$

После решения уравнения типа (5) получена расчетная формула:

$$\theta_{i,K+1} = \frac{1}{2} \theta_{i,K} + \frac{1}{4} (\theta_{i-1,K} - \theta_{i+1,K}) + \frac{1}{8i} (\theta_{i-1,K} - \theta_{i+1,K}), \quad (6)$$

где $\theta_{i,K}$ - приближённое значение оседания; i - номер шага (круга) по горизонтали; K - номер шага по вертикали.

Расчёты проводились как по трещино-кавернозным, так и гранулярным коллекторам за период времени от начала разработки по 2010 г. по месторождениям Казахстана. Отметим, что по залежам гранулярных коллекторов сдвиговые скорости ОКП оказались равными нулю. Максимальное ОКП по трещино-кавернозным (поровым) коллекторам наблюдается по месторождению Макат (64 мм) за период времени с 1974 по 1976 гг. Причиной большой скорости ОКП по данному месторождению являются как значительное падение пластового давления, так и значительная мощность разрабатываемого пласта.

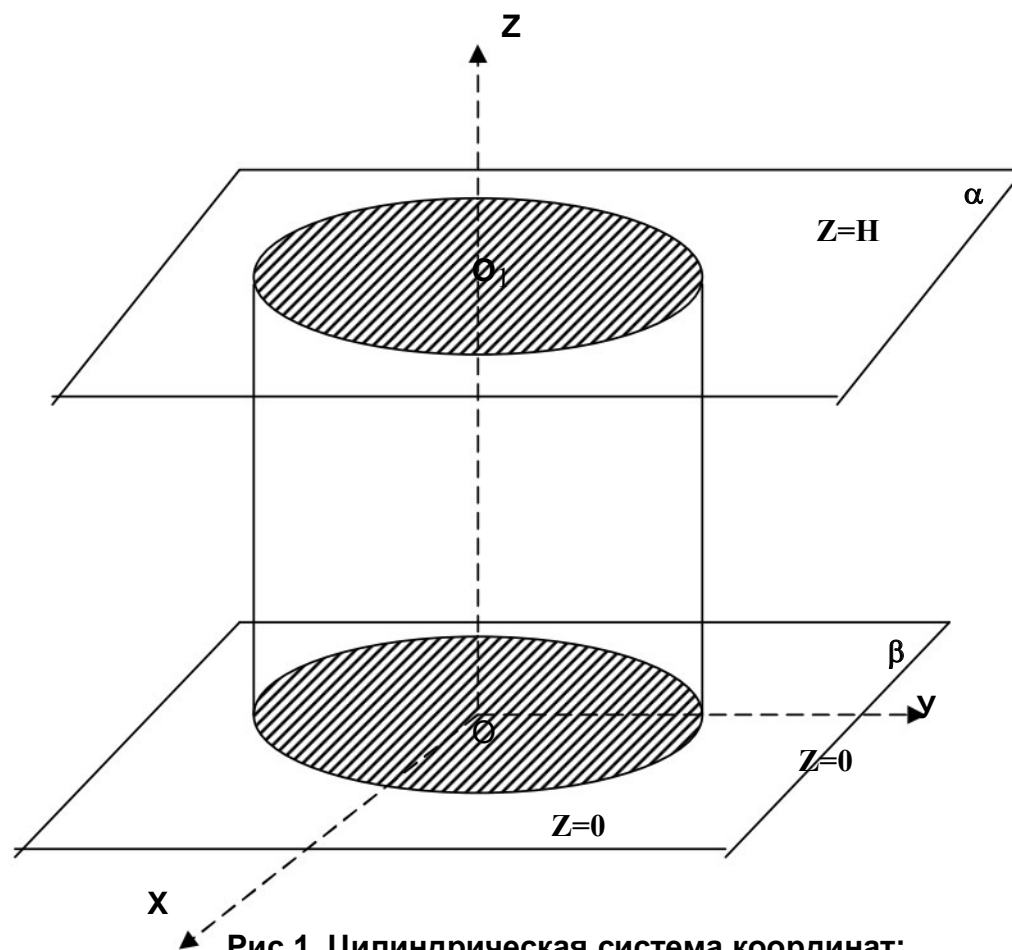


Рис.1. Цилиндрическая система координат:
 α - плоскость земной поверхности; β - плоскость кровли пласта;
 H - глубина залегания пласта; r - радиус пласта

Если сравнить месторождения по показателям ОКП за период эксплуатации, то следует выделить месторождение Тенгиз, где максимальное значение оседания ОКП составляет $\theta=58$ мм или $V=12$ мм/год за 5 лет.

Несмотря на то, что мощность пласта месторождения Тенгиз по сравнению с другими месторождениями огромная ($m=1500$ м), величина среднего оседания ОКП за 5 лет составляет лишь 12 мм. Такая малая величина объясняется поддержанием пластового давления на уровне начального (незначительное падение 2.6 МПа), а также упругими свойствами пласта.

Теперь, когда известны теоретические значения ОКП, следует определить, какая часть этих оседаний передаётся на дневную поверхность, т.е. прогнозировать ОЗП месторождений.

Так как добыча флюидов ведётся с больших глубин, а максимальное ОКП составляет всего лишь 60 мм за пять лет, то необходимо сначала теоретически проверить, имеет ли вообще место оседание земной поверхности (ОЗП). Для этого берётся минимальная глубина залегания залежи рассматриваемых месторождений $H=3500$ м и максимальное значение ОКП ≈ 60 мм.

Задача сводится к определению оседания точки 0_1 , находящейся на расстоянии 3500 м от точки 0 (рис.1). Для решения такой задачи нужно последовательно вычислить оседание точек по оси 00_1 , нахо-

дящихся от точки 0 на расстояниях 500,0; 100,0; 1500,0 и 3500,0 м. В обозначениях формулы (5) это будут величины: $\theta_{0,2}(\theta_{1,1})$, $\theta_{0,3}(\theta_{1,2})$, $\theta_{0,4}(\theta_{1,3})$, $\theta_{0,5}(\theta_{1,4})$, $\theta_{0,6}(\theta_{1,5})$, $\theta_{0,7}(\theta_{1,6})$, $\theta_{0,8}(\theta_{1,7})$ и т.д.

Проведение расчетов по формуле (6) - весьма сложная и трудоемкая задача. Поэтому с целью оперативного прогнозирования ОКП и ОЗП создана упрощенная экспресс-методика расчета. По результатам теоретических расчетов получена графоаналитическая зависимость ОКП от глубины разрабатываемого пласта (рис.2).

$$\theta_{exp} = 0,015 \ln(0,01 \cdot H). \quad (7)$$

На рис.2 видно, что с ростом глубины добычи флюидов растет пластовое давление, следовательно, значение ОКП больше чем в малых глубинах. А когда рассматривают влияние добычи на ОЗП, величины деформаций, наоборот, уменьшаются с увеличением глубины разработки.

Согласно этой истине для прогнозирования ОЗП в зависимости ОКП и глубины разработки также получена графоаналитическая зависимость (рис.3), где по оси абсцисс отложены ОЗП.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

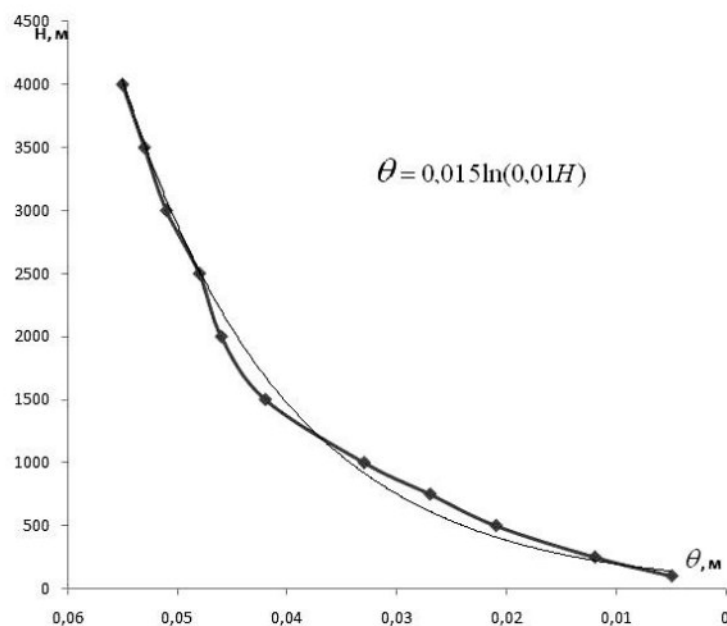


Рис.2. График зависимости ОКП от глубины разработки H

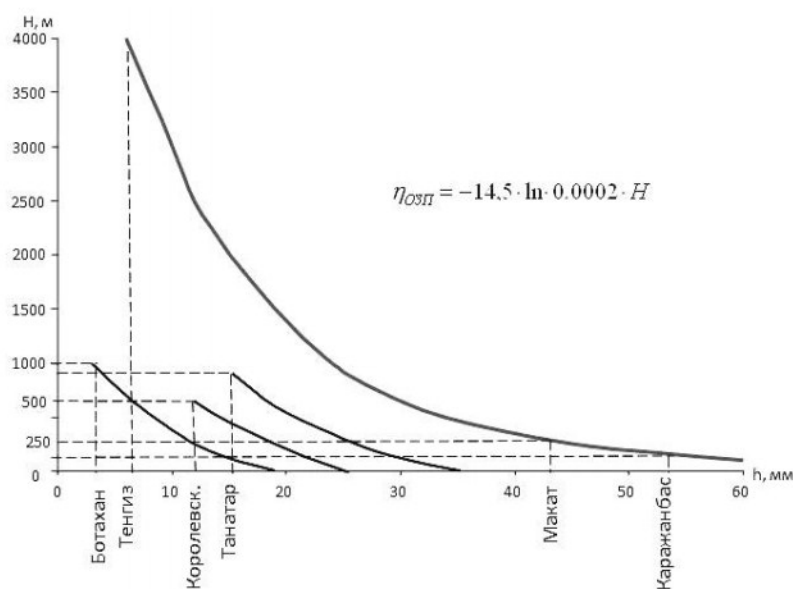


Рис.3. График прогнозирования ОЗП в зависимости от ОКП и глубины разработки H

Таким образом, для прогнозирования ОЗП в зависимости от ОКП и глубины разработки рекомендуется графоаналитическая зависимость двух видов:

– экспоненциальная (логарифмическая) с погрешностью 6,8%:

$$\eta_{\text{ОЗП exp}} = -14,5 \cdot \ln(0,0002H); \quad (8)$$

– линейная с погрешностью 29,8%:

$$\eta_{\text{ОЗП лин}} = 45,5 - 0,0127H. \quad (9)$$

т.е. логарифмическая зависимость точнее предсказывает оседания земной поверхности и легче производить расчеты.

Как видно из графика, на земную поверхность при глубине $H=4$ км передается 6 мм от величины ОКП, равной 60 мм.

По месторождениям Кенкияк, Кульсары, Орысказган и др., где глубина разработки больше 1000 м, ОКП на дневную поверхность вообще не передается, т.е. ОЗП будет равно нулю. В отличие от этих месторождений, по месторождениям Макат, Танатар, Королевское, Тенгиз и Ботахан техногенные ОЗП равняются соответственно: 43, 18, 12, 6, 4 мм.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволили:

- разделить нефтегазовые месторождения Западного Казахстана по тектоническим активным движениям и по типам разрабатываемых коллекторов для расчета оседаний кровли пласта (ОКП);
- разработать методику теоретического определения ОКП и на основе этого прогнозировать ОЗП, новизна которой состоит в теоретическом обосновании взаимодействия деформаций кровли пласта и земной поверхности с технологическими параметрами.

Литература

1. Нурпеисова М.Б., Жардаев М.К., Бек А.Ш. Прогнозирование техногенных катастроф при широкомасштабном освоении недр // Геодезия. Картография. ГИС, Алматы. - 2005, № 3. - С.72-76.
2. Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А. Последствия техногенной деятельности при освоении недр и возможные пути их снижения // Маркшейдерия и недропользование. - 2013. - № 1 (63). - С. 68-69.
3. Викторов С.Д. Иофис М.А., Одинцев В.Н. Разрушение массива горных пород и риск техногенных катастроф // Горный журнал. - 2005. - №4. - С. 30-35.
4. Бек А.Ш. Метод теоретического расчета техногенных оседаний земной поверхности // Геодезия. Картография. ГИС - Алматы. - 2005. - С.18-22.
5. Нурпеисова М.Б. Геомеханика рудных месторождений Казахстана (монография). - Алматы: КазНТУ, 2012. - 324 с.
6. Kirgizbaeva D., Nurpeisova M. // Research of geographic information systems at creation 3D models. - Albena, Bulgaria. - 2015. - P.281-291.
7. Nurpeisova M., Sarybayev O., Kyrgyzbaeva G. The monitoring of earth surface displacements during the subsoil development // Balkema. 2015. - P.161-169.
8. Иофис М.А., Одинцев В.Н., Блохин Д.И., Шейнин В.И. Экспериментальное выявление пространственной периодичности наведенных деформаций массива горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2007. - №2. - С. 21-27.
9. Нурпеисова М.Б., Жардаев М.К., Бек А.А. Экологическая безопасность освоения недр. - Алматы. Горный журнал Казахстана. - 2007. - С. 44-46.
10. Одинцев В.Н., Милетенко И.В., Милетенко Н.А. Новый геомеханический подход к прогнозу опасных гидрогеологических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - № 7. - С. 103-108.
11. Митишова Н.А., Милетенко Н.А. Негативное техногенное воздействие на недр при добыче полезных ископаемых // Вестник современной науки. - 2015. - №7(ii) - С.117-121.

Маржан Байсановна Нурпеисова, д-р.техн.наук, профессор Казахского национального исследовательского технического университета им.К.И.Сатпаева, академик АГН РФ, тел.8(272)394-97-34, E-mail marzhan-nurpeisova@rambler.ru; Наталья Александровна Милетенко, канд.техн.наук, ст.научн.сотрудник, ИПКОН РАН

А.Е.Курков, И.Л.Никуфорова

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ УСЛОВИЙ ПОДРАБОТКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Рассмотрен вопрос оценки безопасных условий подработки трубопроводов с избыточным давлением свыше 4 МПа, для которых отсутствуют нормативные допустимые и предельные деформации земной поверхности (основания). Предложена методика установления допустимого критерия подработки, приведен пример использования предложенной методики для конкретных условий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трубопровод; подработка; деформация; напряжение; меры охраны; допустимые горизонтальные деформации.

A.E.Kirkov, I.L.Nikiforova

TO THE QUESTION OF DEFINITION OF POSSIBLE TERMS OF UNDERWORKING OF PIPELINES

The question of estimation of safe terms of underworking of pipelines with excessive pressure over 4 MPas, for which there are no standard admissible and limit deformations of terrestrial surface (basis) is considered. Methodology of establishment of possible criterion of underworking is offered, the example of use of the offered technique for specific conditions is given.

KEY WORDS: pipeline; underworking; deformation; tension; measures of guard; possible horizontal deformations.

Как известно, возможность и безопасные условия подработки существующих инженерных объектов на подрабатываемых территориях устанавливаются путем сравнения допустимых и предельных показателей деформаций земной поверхности (оснований сооружений) с величинами расчетных деформаций земной поверхности с учетом планируемого развития горных работ, назначения, конструктивных особенностей, технического состояния и срока службы объектов. Если по всем показателям расчетные деформации земной поверхности равны или менее допустимых, то подработка объектов может производиться без предварительных мер защиты. Если один или несколько показателей расчетных деформаций земной поверхности превышают допустимые, но меньше предельных значений, то, исходя из технической возможности и экономической целесообразности, могут быть приняты раздельно или совместно горные или конструктивные меры защиты, а также другие мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию подрабатываемых объектов. Если по нескольким или одному из показателей расчетные деформации земной поверхности превышают предельные значения, то подработка не допускается без применения специальных мер защиты, существенно уменьшающих ожидаемые деформации земной поверхности.

Использование допустимых и предельных показателей деформаций земной поверхности для технологического оборудования, инженерных сооружений и сетей различного назначения позволяет во многих случаях предотвратить аварии или снизить их последствия.

Однако, как показывает опыт освоения недр в различных условиях, не для всех категорий объектов установлены указанные допустимые и предельные критерии. К числу таких объектов, особо чувствительных к подработке, относятся различные трубопроводы с избыточным давлением свыше 25 кг/см² (4 МПа). На фоне постоянно увеличивающейся техногенной нагрузки на недра, сближения магистральных трубопроводов с населенными пунктами, объектами

производственной и транспортной инфраструктуры, роста объемов подземного строительства в стесненных условиях существующей городской застройки, проблема отсутствия критерия для оценки условий безопасной подработки таких объектов, позволяющего получить инструменты для оперативной оценки состояния подрабатываемого трубопровода, и методики, позволяющей оценить эффективность различных мер охраны и их комбинаций, приобретает все большую актуальность. Без принятия должных мер по защите городской застройки развитие негативных геомеханических процессов может привести к авариям, в наиболее неблагоприятных случаях весьма значительным.

Ранее авторами на основе анализа действующей нормативной базы в области охраны и подработки действующих трубопроводов с высоким избыточным давлением была предложена методика определения критерия, соответствующего предельным условиям безопасной подработки [4], который обеспечивает соблюдение требований действующих нормативов [1-3], с обоснованием основных положений и методических подходов к решению задачи. В изложенной методике было предложено в качестве критерия использование предельных величин горизонтальных сдвижений, при которых обеспечивается условие прочности трубопровода в продольном направлении.

Однако по определению, в предельном состоянии трубопровода наложение любых дополнительных эксплуатационных нагрузок (самое плохое в этом случае – собственные вибрации трубопровода) может привести к возникновению в нем пластических деформаций, ускорению разрушения материала трубы, увеличению скорости износа и значительному повышению риска возникновения аварии.

Для того, что бы своевременно идентифицировать процесс развития опасных деформаций и избежать возникновения аварийной ситуации при подработке трубопровода необходимо знать величины не только предельных, но и допустимых горизонтальных

сдвижений земной поверхности, при которых в трубопроводе не будут возникать пластические деформации, т.е. в процессе подработки материал трубопровода будет работать только в области упругих деформаций. Подход к определению указанной величины аналогичен подходу к определению величины предельных горизонтальных сдвижений и соответствует выполнению условий прочности для продольных и кольцевых напряжений по пределу текучести материала труб.

Как и в случае установления величин предельных горизонтальных деформаций, по требованиям действующих нормативных документов трубопроводы проверяются на прочность исходя из максимальных напряжений, возникающих в трубопроводе в процессе эксплуатации, а при подработке трубопровода выполняют расчет дополнительных растягивающих напряжений, возникающих в трубопроводе под воздействием сдвигающегося массива на участке подработки.

Согласно требованиям [1] максимальные суммарные напряжения, возникающие в трубопроводе, для предотвращения появления недопустимых пластических деформаций трубопроводов должны удовлетворять условию:

- для штатных условий эксплуатации:

$$|\sigma_{np}^n| \leq \psi_3 \cdot \frac{m}{0.9 \cdot k_n} \cdot R_2^n, \quad (1)$$

- при его подработке:

$$|\sigma_{np}^n| + |\sigma_{np.N}^r| \leq \psi_3 \cdot \frac{m}{0.9 \cdot k_n} \cdot R_2^n, \quad (2)$$

где σ_{np}^n - максимальные суммарные продольные напряжения в трубопроводе от нормативных нагрузок и воздействий, МПа; ψ_3 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб; при растягивающих продольных напряжениях ($\sigma_{np.N}^r \geq 0$) принимаемый равным единице; $\sigma_{np.N}^r$ - дополнительные продольные растягивающие напряжения, возникающих в трубопроводе под действием сдвигающегося грунта, МПа; m - коэффициент условий работы трубопровода; k_2 - коэффициент надежности по материалу; k_n - коэффициент надежности по назначению трубопровода; R_2^n - нормативное сопротивление сжатию, МПа.

Максимальные суммарные продольные напряжения в трубопроводе от нормативных нагрузок и воздействий определяются согласно [1] по формуле:

$$\sigma_{np}^n = \mu \cdot \sigma_{кц}^n - \alpha \cdot E \cdot \Delta t \pm \frac{E \cdot D_n}{2 \cdot \rho}, \quad (3)$$

$$\sigma_{кц}^n = \frac{n \cdot p \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_n},$$

где α - коэффициент линейного расширения металла трубы; E - модуль упругости металла трубы; Δt - максимальный расчетный перепад температур; μ - ко-

эффициент Пуассона; n - коэффициент надежности по нагрузке; p - рабочее давление; D_n - наружный диаметр, см; ρ - минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода, $\rho = 1500 \cdot D_n$, см; $\sigma_{кц}^n$ - кольцевые напряжения от нормативного (рабочего) давления, МПа; $D_{вн}$ - внутренний диаметр трубы; δ_n - толщина стенки трубы.

Тогда условие (2) запишется:

$$\left| \mu \cdot \frac{n \cdot p \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_n} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t \pm \frac{E \cdot D_n}{2 \cdot \rho} \right| + |\sigma_{np.N}^r| \leq \frac{k_2}{0.9} \cdot R_2. \quad (4)$$

Обозначим

$$\mu \cdot \frac{n \cdot p \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_n} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t = \sigma_{np.N}; \quad (5)$$

$$\frac{R_2^n \cdot m}{k_n} = R_2 \cdot k_2. \quad (6)$$

С учетом того, что для конкретных условий эксплуатации и транспортируемого по трубопроводу продукта $\sigma_{np.N}$ является некой постоянной величиной, входящей в стандартную проверку трубопроводов на прочность, предельные продольные напряжения $\sigma_{np.N}^r$, которые может выдержать трубопровод при подработке, определяются как разность расчетных напряжений и напряжений, возникающих в процессе эксплуатации:

$$|\sigma_{np.N}^r| = R_2 \cdot k_2 - |\sigma_{np.N}|. \quad (7)$$

Определение дополнительных продольных осевых растягивающих напряжений $\sigma_{np.N}^r$, вызываемых горизонтальными деформациями грунта при подработке, проводится согласно [1] по формуле:

$$\sigma_{np.N}^r = 1,57 \frac{E_0 \lambda_0}{l_m}, \quad (8)$$

где E_0 - модуль упругости стали, из которой изготовлен трубопровод, МПа; λ_0 - максимальное перемещение трубопровода на участке, вызываемое сдвижением грунта, см, определяется по формуле:

$$\lambda_0 = \frac{1}{2} \left(\psi - \sqrt{\psi^2 - 3,75 \frac{\tau_{np.sp} l^2}{E_0 \delta_n} \Phi_1 \xi_0} \right), \quad (9)$$

l - длина участка однозначных деформаций земной поверхности в полумульде сдвижения, пересекаемого трубопроводом, см; l_m - длина участка деформации трубопровода с учетом его работы за пределами мульды сдвижения, см. Величина l_m определяется как сумма длин участков однозначных горизонтальных деформаций в мульде по оси трубопровода l и длины участка работы трубопровода за пределами мульды сдвижения f . Величина f определяется в зависимости от коэффициента упругого сдвига трубы относительно грунта k :

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

$$k = 10^3 \sqrt{\frac{\tau_{np.zp}}{u_{макс} E_0 \delta_n}}, \quad (10)$$

$\tau_{np.zp}$ - предельное значение силового воздействия деформирующегося грунта, МПа; $u_{макс}$ - критический сдвиг грунта, соответствующий предельному значению его силового воздействия $\tau_{np.zp}$, см; δ_n - толщина стенки трубопровода, см;

$$\psi = \xi_0 + 0,2u_{макс} + \frac{\tau_{np.zp} l^2}{E_0 \delta_n} \Phi_1, \quad (11)$$

ξ_0 - максимальное сдвижение земной поверхности в полумульде, пересекаемой трубопроводом, см.

Коэффициент Φ_1 учитывает соотношение зон деформаций грунта и трубопровода в полумульде, который определяется по формуле:

$$\Phi_1 = 0,9 - 0,65 \sin\left(\frac{l}{l_m} - 0,5\right), \quad (12)$$

Значение $\tau_{np.zp}$ определяется по формуле:

$$\tau_{np.zp} = k_c (k_T \gamma_{zp} \operatorname{tg}(\varphi_{zp}) + c_{zp}) k_t, \quad (13)$$

где k_c - коэффициент, зависящий от срока эксплуатации трубопровода до подработки; k_T - коэффициент концентрации нагрузок, зависящий от глубины заложения трубопровода и ширины траншеи; γ_{zp} , φ_{zp} и c_{zp} - физико-механические характеристики грунта: соответственно объемный вес, угол внутреннего трения и сцепление грунта; k_t - коэффициент релаксации продольных нагрузок.

Как уже указывалось, для конкретных условий большинство коэффициентов, входящих в расчетные формулы, имеют постоянное значение, поэтому в качестве критерия допустимых условий безопасной подработки трубопровода целесообразно использовать величину горизонтального сдвижения ξ_d , которая вызывает напряжения, равные $\sigma_{np.N}^r$.

Для получения искомого значения величины горизонтального сдвижения ξ_d воспользуемся принципом, заложенным в методе обратных расчетов, и на его основе для конкретного трубопровода построим расчетную схему для получения допустимых величин горизонтальных сдвижений подрабатываемого массива, при которых будет обеспечена его безопасная эксплуатация при подработке.

Для примера рассмотрим условия строительства подземным способом перегонных тоннелей мелко-заложения с помощью тоннелепроходческого комплекса фирмы «Lovat» с грунтопригрузом. Пусть трасса рассматриваемых тоннелей пересекает действующий трубопровод под углом $\alpha = 40^\circ$. Трубопровод заложен в глину на глубину $H_{труб} = 5$ м, глубина заложения тоннелей $H_{тон} = 25$ м; диаметр тоннелей $D_1 = 6$ м; расстояние между трубопроводом и тоннелем $H_{тон} - H_{труб} = 20,0$ м; коэффициенты подрабатанности n_1 и n_2 : $n_1 = 0,9 \cdot \sqrt{(D_1 / H)} = 0,9 \cdot \sqrt{6 / 25} \approx 0,4$; $n_2 \geq 1$, принимаем $n_2 = 1$; граничный угол $\delta_0 = 45^\circ$; длина полумульды $L = 31,1$ м.

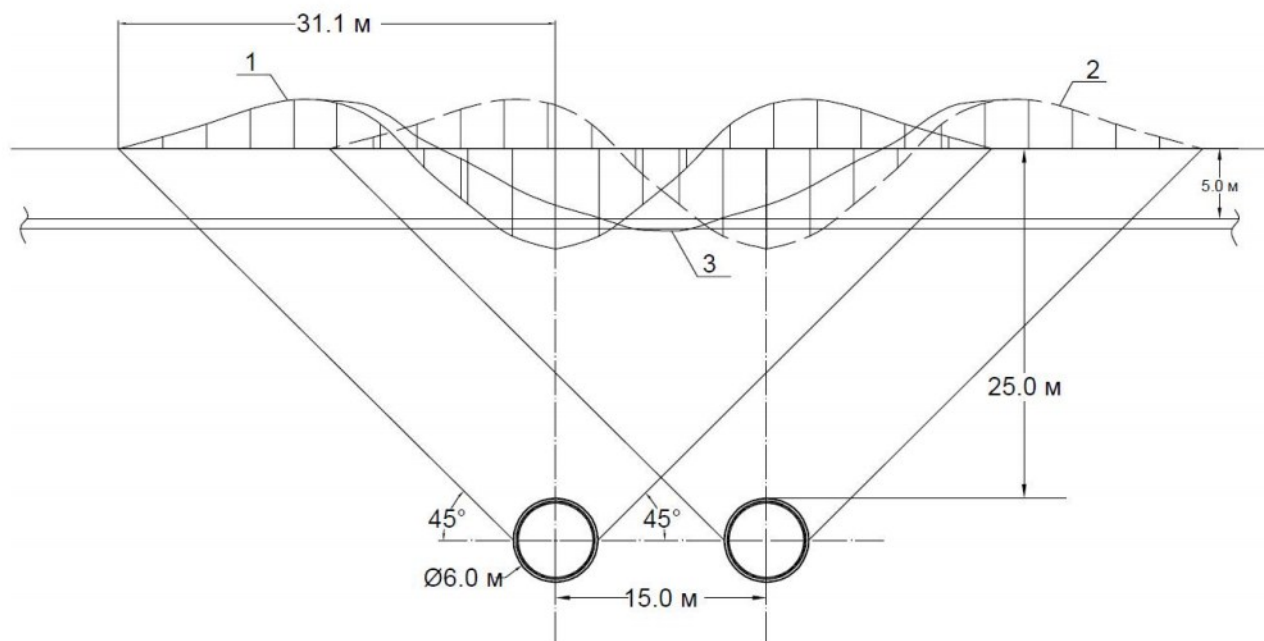


Рис.1. Графики горизонтальных деформаций земной поверхности в главном сечении мульды:
1 - от проходки левого тоннеля; 2 - от проходки правого тоннеля; 3 - суммарный график

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Расчет ожидаемых максимальных величин сдвижения земной поверхности при подработке произведен по методике, изложенной в Приложении 14 к МГСН 2.10-04. Дальнейший расчет производится в следующей последовательности:

1. Определяется значение величины $\sigma_{np.N}^{\Gamma}$ по (7).

2. Определяют максимальный размер растянутой части полумульды (зона с положительными горизонтальными деформациями) по оси трубопровода (рис.2).

3. Вычисляют все необходимые для расчета константы по (2), (9), (10). Причем значения коэффициентов, входящих в расчетные формулы и определяемые по справочным таблицам, должны принимать максимальные значения.

Далее, принимая начальное значение величины горизонтального сдвижения ξ_d , равное 0 см, производится вычисление необходимых значений по формулам (8), (7), (1) в указанной последовательности. Полученное значение выносят на график, при этом по

оси ординат откладываются дополнительные продольные напряжения $\sigma_{np.N}^{\Gamma}$, а по оси абсцисс откладываются горизонтальные сдвижения ξ_d . Затем последовательно величину исходного горизонтального сдвижения ξ_d увеличивают на некоторую величину и выполняют повторное вычисление с новым значением. Шаг вычисления задается произвольно. Вычисления считаются законченными, если произойдет пересечение построенной в результате решения функции $\sigma_{np.N}^{\Gamma}$ от ξ_d с горизонтальной линией, указывающей на величину $\sigma_{np.N}$.

Координата указанной точки пересечения по оси абсцисс и будет искомым значением ξ , обеспечивающей условия допустимой подработки трубопровода.

По приведённому выше алгоритму был произведен расчет условий подработки трубопровода для рассматриваемого примера. Результаты расчетов представлены на рис.3.

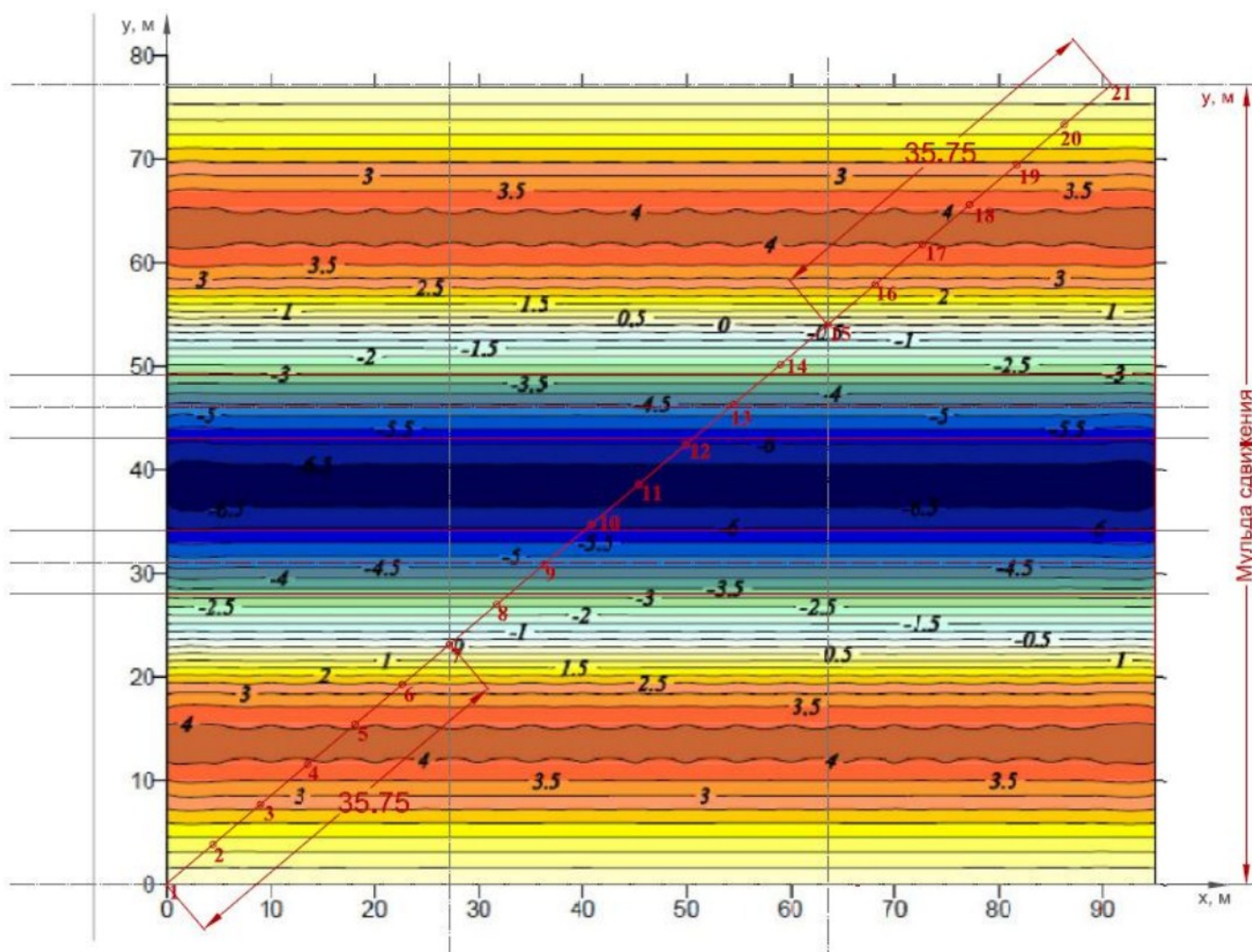


Рис.2. Схема к определению длин участков однозначных горизонтальных деформаций земной поверхности в полумульдах, пересекаемых трубопроводом:

1-21 – точки над осью трубопровода

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

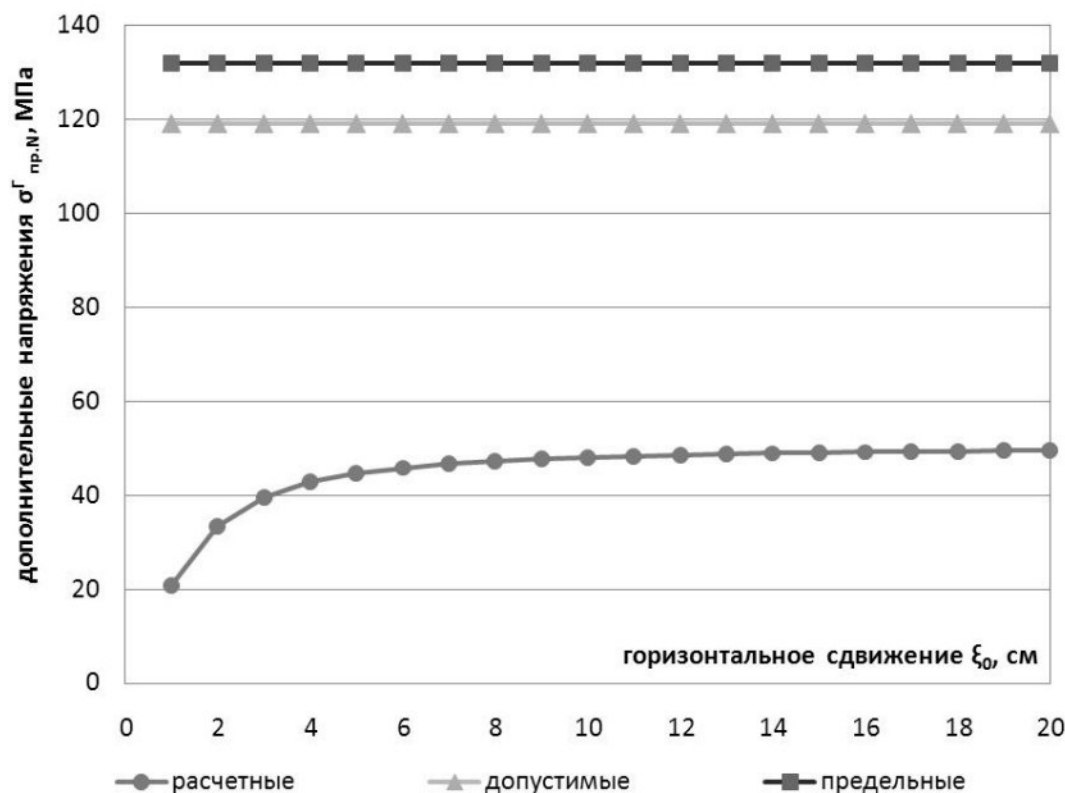


Рис. 3. Схема к определению допустимых и предельных условий подработки трубопровода

Анализ рис.3 показал, что при заданных условиях подработка является безопасной для трубопровода ввиду того, что зона влияния от проходки тоннелей не обеспечивает достаточного уровня защемления трубопровода сдвигающимся грунтом и наблюдается эффект проскальзывания трубы в грунте.

В отличных от рассматриваемых условиях (при изменении растянутой длины мульды, рабочего давления, материала и диаметра трубопровода и т.д.) при приближении расчетных напряжений к допустимым значениям, а особенно при нахождении их в диапазоне между допустимыми и предельными, необходимой становится реализация мероприятий по управлению геомеханическими воздействиями на трубопровод, т.е. целенаправленное регулирование характера и параметров геомеханических процессов с целью повышения безопасности горных работ. Ввиду наличия прямой связи между величинами оседания и горизонтального сдвижения предлагаемый показатель также можно использовать при оценке эффективности различных горных мер охраны. Регулируя развитие геомеханических процессов в массиве пород, возможно достичь такого положения, чтобы процессы развивались в желательном безопасном направлении и их параметры находились в пределах установленных величин.

Выводы

В результате проведенных исследований в качестве критерия условий допустимой подработки трубопровода с избыточным давлением свыше 4 МПа

была установлена возможность использовать величину горизонтального сдвижения ξ , напрямую входящую в расчетные формулы и легко определяемую в натурных условиях методом простых линейных измерений. Ввиду наличия прямой связи между величинами оседания и горизонтального сдвижения указанный показатель также можно использовать при оценке эффективности различных горных мер охраны.

Предложенная методика оценки степени влияния и допустимости дополнительных деформаций трубопровода путем сравнения расчетных, допустимых и предельных значений деформаций, определяемых по критерию горизонтального сдвижения доступна инженерным работникам в их повседневной практической деятельности.

Литература

1. СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы».
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях, — С.-Пб.— ВНИМИ, 1998.
3. Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок. РД 07-113-96 (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 28.03.1996 N 14) (ред. от 27.06.2002).
4. Кирков А.Е., Никифорова И.Л. Определение условий безопасной подработки трубопроводов с избыточным давлением свыше 4 МПа — Маркшейдерский вестник, №6 (92) — 2012 г.— С.56-59.

Алексей Евгеньевич Кирков, старший преподаватель кафедры Геодезии и маркшейдерского дела, Российский университет дружбы народов;
Ирина Львовна Никифорова, научный сотрудник, ИПКОН РАН, тел.(495) 360-49-04

УДК 614.8

В.К.Мусаев, В.П.Спиридонов, И.В.Деревяшкин, А.В.Мусаев, В.В.Стародубцев

О ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Рассматриваются проблемы исследования природы техногенных катастроф, которые возникают в различных сферах недропользования вследствие проявления современных геодинамических процессов. Приводится анализ взглядов на роль и место геодинамического фактора, как в фундаментальных проблемах, так и в решении прикладных задач, связанных с недропользованием.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геодинамические процессы; техногенные чрезвычайные ситуации; авария; катастрофа; математический мониторинг; динамические процессы; геомеханика; безопасность сложных систем; движение земной коры; недропользование; глубинные процессы; литосфера.

V.K.Musayev, V.P.Spiridonov, I.V.Derevyashkin, A.V.Musayev, V.V.Starodubtsev

ON GEODYNAMIC PROCESSES AT EMERGENCY SITUATIONS

The paper considers the problem of studying the nature of emergency accidents, which occur in different areas of the subsoil due to the manifestations of modern geodynamic processes. Provides an analysis of views on the role and place of geodynamic factor, as in the fundamental problems and solution of applied problems related to subsoil use.

KEY WORDS: geodynamic processes; technological emergency; accident; catastrophe; mathematical monitoring; dynamic processes; geomechanics, security of complex systems; the movement of the earth's crust; the subsoil; the underlying processes; the lithosphere.

В настоящее время в Российской Федерации в год возникает более одной тысячи чрезвычайных ситуаций. При сохранении динамики роста чрезвычайных ситуаций отечественная экономика в ближайшее время не будет справляться с ликвидацией их последствий. Две трети чрезвычайных ситуаций имеют техногенный характер. Поэтому, раскрытие природы техногенных катастроф, создание теории их формирования и разработка мер по снижению тяжести их последствий являются актуальнейшей проблемой современной геомеханики.

Некоторые результаты в области математического мониторинга динамических процессов приведены в следующих работах [13, 15–19].

Со второй половины двадцатого века в науках о Земле происходит пересмотр взглядов на роль и место геодинамического фактора, как в фундаментальных проблемах, так и в решении прикладных задач, связанных с недропользованием.

Под недропользованием подразумевается не только добыча, переработка и транспортировка полезных ископаемых, а вся сфера человеческой деятельности, в которой массив горных пород и его земная поверхность выступают в качестве неотъемлемого важнейшего инженерно-геологического компонента.

Начало этого процесса трансформации современной подвижности земной коры можно отнести к моменту появления в начале двадцатого века гипотезы о дрейфе континентов. Она во второй половине двадцатого века обрела статус теории тектоники литосферных плит. Эта теория по своей сути впервые сдвинула литосферные плиты и материки в горизонтальной плоскости. Появление спутниковых технологий позволило экспериментально определить численные значения этих перемещений.

С постановкой обширных экспериментальных исследований современных движений земной коры на геодинамических полигонах различного назначения были выявлены интенсивные локальные аномалии вертикальных и горизонтальных движений, при-

уроченные к зонам разломов различного типа и порядка. Эти аномальные движения имеют высокие амплитуды и короткие периоды. Они пространственно локализованы и обладают пульсационной и знакопеременной направленностью.

Внедрение дифференциальных GPS - технологий в периодическом (дискретном) и непрерывном вариантах мониторинга за смещениями и деформациями позволяет выявить новый класс геодинамических движений в разломных зонах и подтвердить движения с периодами до года и более. Эти движения имеют пульсационный характер и знакопеременную направленность.

Рассматривая всю гамму наблюдаемых движений, можно заключить, что основным свойством геологической среды, особенно в разломных зонах, является нахождение ее в непрерывном движении. Движение является формой существования геологической среды.

Роль и место современной геодинамики трудно переоценить в фундаментальной сфере наук о Земле. Ее роль важна при решении практических задач в горнодобывающей отрасли при добыче, переработке и транспортировке полезных ископаемых, в многочисленных сферах освоения подземного пространства, не связанных с горным делом, а также во всех областях строительства, где массив горных пород выступает в качестве основания для строительного объекта различного назначения.

Различные ученые геодинамике отводят широкий и разнообразный круг вопросов. Общая геодинамика изучает глубинные процессы, определяющие движущий механизм преобразований в литосфере. Частная геодинамика изучает развитие поверхностных оболочек.

Согласно принятой в геологических дисциплинах терминологии, в работе речь идет о современных движениях земной коры.

Экспериментальное изучение геодинамических движений массива горных пород и земной поверхно-

ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

сти, играющих основную роль в формировании напряженно-деформированного состояния, до недавнего времени представляло собой сложнейшую научную проблему. Практическая возможность постановки экспериментов в этой области открылась с внедрением в практику проведения научных исследований технологий спутниковой геодезии.

На возникновение, развитие и проявление техногенных аварий и катастроф оказывают влияние оба вида геодинамических движений.

Места проявления геодинамических движений в большей мере тяготеют к активным тектоническим структурам и прилегающим к ним объемам пород и участкам земной поверхности. В этих зонах установлены большие амплитуды смещений. С удалением от тектонических структур наблюдается снижение уровня смещений. К сожалению, каких либо количественных закономерностей распределения смещений пока не установлено.

Механизм воздействия геодинамических смещений на объекты недропользования разный. Объекты, попадающие на активные тектонические структуры, нарушаются по достижению в их конструкции предельных деформаций или напряжений. Однако тектонические структуры с выраженным характером движений встречаются довольно редко.

Циклические движения проявляются как в непосредственном влиянии циклических деформаций на сам объект, так и через изменение свойств массива горных пород в разломных зонах под влиянием переменных циклических нагрузжений.

Механизм непосредственного воздействия циклических деформаций на инженерные объекты достаточно прост и не нуждается в особых пояснениях. Если амплитуда знакопеременных деформаций превысит допустимые деформации конструктивных элементов объектов, то в нем проявятся нарушения с соответствующими аварийными последствиями.

Если уровень деформаций в инженерных объектах ниже допустимых значений, то аварийные последствия от воздействия зависят от проявления усталостных эффектов. По выявленным в настоящее время частотам короткопериодных геодинамических колебаний наибольшую опасность в этом плане представляют колебания с периодами около одной минуты и около одного часа.

Время разрушения от циклических нагрузжений зависит от величины амплитуды переменных деформаций относительно допустимых значений деформаций. Циклическое нагружение металлических конструкций трубопроводов различного назначения способствует процессу коррозии в десятки и сотни раз.

Изменение свойств массива горных пород в зонах разлома под влиянием переменных циклических нагрузжений является распространенным явлением. Однако внешне его признаки не контрастны, и выявление непосредственного их влияния на инженерные объекты проблематично.

Из-за знакопеременных циклических нагрузжений некоторые виды грунтов, имеющие в статическом состоянии достаточную несущую способность, разжижаются, резко снижая свои прочностные характери-

стики. Это ведет к перекосу и опрокидыванию инженерных объектов. Это явление происходит лишь в короткий период действия землетрясения. Впоследствии грунты восстанавливают свои обычные свойства.

Законопеременные циклические нагружения приводят к изменению прочностных и деформационных свойств. В зависимости от конструктивных особенностей инженерных объектов, взаимодействующих с разломными участками массива горных пород, складываются различные механизмы и сценарии развития аварий и катастроф. Чрезвычайные ситуации различного характера рассмотрены в работах [5–8, 10]. В практике исследований заслуживают внимание следующие случаи развития техногенных катастроф, которые демонстрируют рассматриваемую взаимосвязь между современной геодинамикой и техногенными катастрофами.

Можно отметить аварийные ситуации на подземном канализационном коллекторе города Сургут. Экспериментально установлено, что в разломных зонах и на примыкающих к ним территориях действуют геодинамические циклические смещения с широким спектром частот и амплитуд.

Наиболее существенными среди них являются смещения с продолжительностью циклов около одной минуты и около одного часа. Имеются и другие несущественные циклы. Величина напряжений и деформаций, вызванных этими смещениями, превышает допустимые значения для монолитной железобетонной внутренней обделки коллектора, закрепленного железобетонными тубингами.

Механизм разрушения коллектора происходил следующим образом. Песчано-глинистые породы разломных зон под влиянием знакопеременных смещений и деформаций находятся по отношению к окружающим породам аномально пониженные несущие свойства.

Сборная железобетонная тубинговая крепь канализационного коллектора с внутренней монолитной железобетонной обделкой проседает и прогибается, что не предусмотрено ее конструкцией.

Не предусмотренную нагрузку крепи вызывают непосредственно и сами короткопериодные геодинамические движения. Под действием этих факторов монолитная железобетонная обделка коллектора разрушается с образованием кольцевых трещин разрыва. Далее к процессу разрушения подключаются грунтовые воды, уровень которых находится выше заложения канализационного коллектора.

Устремляясь в образовавшиеся трещины внутрь коллектора, грунтовые воды выносят с собой песчано-глинистые породы на земную поверхность с окончательным разрушением коллектора.

В основе приведенного примера техногенной катастрофы лежит комплексное проявление короткопериодной геодинамики. Реализация происходит через непосредственное воздействие смещений и деформаций на строительный объект и через изменение свойств разломной зоны.

Некоторые исследования в области безопасности сложных систем приведены в следующих работах [1–6, 9, 11–12, 14].

ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Активизация процессов образования карстов, является одной из форм провоцирования техногенных катастроф. С такими явлениями сталкиваются при исследовании причин активизации карстовых процессов на строительных объектах. Причиной активизации процессов образования карстовых провалов явилось воздействие переменных нагрузок на породы разломных зон, активизирующее суффозионные процессы. Карстовые воронки, образовавшиеся в разломной зоне, создают угрозу сохранности строительных объектов.

Подводя итог проведенного анализа проявления техногенных аварий и катастроф, можно показать некоторые причины с взаимосвязи между современной геодинамикой и техногенными катастрофами.

Широкий класс техногенных катастроф обусловлен воздействием современных геодинамических движений на объекты недропользования. При проявлении геодинамических движений разрушения строительного объекта связаны с превышением допустимых деформаций и напряжений.

При комбинированном воздействии на строительный объект процесс разрушения может происходить либо за счет превышения допустимых нагрузок, вызванных изменением свойств массивов горных пород, либо за счет превышения допустимых нагрузок от совместного действия циклических нагрузок, либо от усталостных эффектов, вызванных действием циклических нагрузок.

Выявленная закономерность между геодинамическими движениями и механизмом развития техногенных катастроф в области безопасности строительных объектов создает теоретическую основу в определении стратегии проведения фундаментальных исследований по проблеме изучения природы техногенных катастроф.

Использование полученных закономерностей повышает эффективность решения прикладных задач, связанных с прогнозированием и разработкой мер по предотвращению техногенных катастроф и снижению тяжести их последствий на строительные объекты.

Литература

1. Мусаев В.К., Филиппов В.М., Щесняк Е.Л., Мустафаев Ю.А., Попов А.А., Банных Г.М. Анализ возможных сценариев развития аварии на гидротехническом сооружении // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы X Международной конференции. Часть 2. – М.: РГГУ, 2002. – С. 68–70.
2. Мусаев В.К. Анализ риска в задачах безопасности населения и территорий. – М.: РУДН, 2005. – 21 с.
3. Мусаев В.К. Методы управления риском в политике смягчения последствий чрезвычайных ситуаций. – М.: РУДН, 2005. – 24 с.
4. Мусаев В.К. Нормативная база расчета на безопас-

ность уникальных сооружений. – М.: РУДН, 2005. – 28 с.

5. Мусаев В.К., Суцев С.П., Шиянов М.И., Попов А.А., Федоров А.Л., Найденов В.А. Некоторые вопросы в области анализа опасностей и чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XIII Международной конференции. – М.: РГГУ, 2005. – С. 314–318.

6. Мусаев В.К., Суцев С.П., Шиянов С.М., Мусаев А.В., Федоров А.Л. О некоторых положениях нормативной и правовой базы мониторинга чрезвычайных ситуаций // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия проблемы комплексной безопасности. – 2007. – № 4. – С. 37–48.

7. Мусаев В.К., Суцев С.П., Шиянов М.И., Попов А.А. Системный анализ фундаментальных проблем природной, техногенной и экологической безопасности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия проблемы комплексной безопасности. – 2008. – № 1. – С. 20–26.

8. Мусаев В.К., Попов А.А., Суцев С.П., Куранцов В.А. О методах оценки безопасности сложных систем природного и антропогенного происхождения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия проблемы комплексной безопасности. – 2008. – № 4. – С. 39–45.

9. Мусаев В.К., Суцев С.П., Попов А.А., Ситник В.Г., Мусаев А.В. Некоторые проблемы долговечности и надежности гидротехнических сооружений // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – № 1. – С. 75–77.

10. Мусаев В.К. Анализ риска в безопасности населения и территорий объектов экономики от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Проблемы безопасности российского общества. – 2012. – № 3. – С. 32–37.

11. Мусаев В.К. Об анализе риска в задачах безопасности сложных систем объектов экономики // Проблемы безопасности российского общества. – 2012. – № 4. – С. 92–100.

12. Мусаев В.К. Об эксплуатационной безопасности строительных объектов экономики // Проблемы безопасности российского общества. – 2012. – № 4. – С. 115–121.

13. Мусаев В.К. О моделировании безопасности технических объектов от взрывных воздействий // Стратегическая стабильность. – 2013. – № 1. – С. 69–72.

14. Мусаев В.К., Шиянов М.И., Дзыбов М.М., Клиновицкий С.А. Об анализе безопасности технического состояния строительных объектов // Двойные технологии. – 2013. – № 2. – С. 26–28.

15. Мусаев В.К. Математическое моделирование безопасности защитного сооружения с упругим основанием при воздействии ударной волны от лавины // Проблемы безопасности российского общества. – 2014. – № 3–4. – С. 173–183.

16. Мусаев В.К. Математическое моделирование напряженного состояния технических объектов с помощью волновой теории сейсмической безопасности // Проблемы безопасности российского общества. – 2014. – № 3–4. – С. 206–218.

17. Мусаев В.К. О достоверности компьютерного моделирования нестационарных упругих волн напряжений в деформируемых телах сложной формы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11. – С. 10–14.

18. Мусаев В.К. Определение упругих напряжений в плотине Койна с основанием с помощью волновой теории сейсмической безопасности // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12 (3). – С. 235–240.

19. Мусаев В.К. Моделирование нестационарных упругих волн напряжений в деформируемых областях с помощью метода конечных элементов в перемещениях // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 12 (1). – С. 28–32.

Вячеслав Кадыр оглы Мусаев, д-р техн. наук, профессор,
тел. 89265670558, E-mail: musayev-vk@yandex.ru;
Валерий Петрович Спиридонов, канд. техн. наук, профессор;
Игорь Владимирович Деревяшкин, д-р техн. наук, профессор;
Александр Вячеславович Мусаев, соискатель кафедры;
Владимир Владимирович Стародубцев, соискатель
(Кафедра «Горное дело», Московский государственный машино-
строительный университет)

65 ЛЕТ СЕРГЕЮ ВАСИЛЬЕВИЧУ ШАКЛЕИНУ



Результаты его исследований в данной области являются уникальными и имеют существенное практическое значение для угледобывающей промышленности. Он является автором единственной методики по проведению количественной оценки степени соответствия геологических моделей месторождений угля их истинному состоянию, которая в настоящее время признана и рекомендована к применению органами государственной геологической экспертизы России и экспертным сообществом. Кроме того, в практике нашли широкое применение и ряд других не менее востребованных методических руководств, например, таких как методика горно-геометрического прогнозирования разрывных нарушений угольных пластов в контуре подготовленного выемочного столба. Сергей Васильевич, являясь глубоко профессиональным специалистом, ведёт активную деятельность в составе рабочей группы «Российского Кодекса публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых».

Глубокие фундаментальные знания, разносторонний кругозор, творческий подход и производственный опыт позволили ему стать лидером в данной области исследований, широко известным в научных кругах. Прикладной аспект научных результатов, тесное взаимодействие со специалистами предприятий угольной отрасли заслуженно снискали уважение и авторитет коллег-производственников.

Научную деятельность С.В.Шаклеин плодотворно совмещает с педагогической, передавая новые знания будущим горным инженерам – маркшейдерам. Его талант педагога, обширный кругозор успешно реализуются в интересных и желанных для студентов занятиях.

Высокий профессионализм в сочетании с личностными качествами – интеллигентностью, открытостью, пунктуальностью – служат примером для молодого поколения, оставляют наилучшие впечатления у тех, кто с ним работал и продолжает работать в настоящее время.

Научная и производственная общественность, редакция журнала «Маркшейдерский вестник», а также многочисленные ученики, коллеги, друзья сердечно поздравляют Сергея Васильевича с юбилейной датой и желают крепкого здоровья, счастья, семейного благополучия, дальнейших творческих успехов и осуществления намеченных планов!

26.11.2015 г. исполнилось 65 лет Шаклеину Сергею Васильевичу - известному ученому и ведущему специалисту в области геометризации и оценки достоверности запасов угольных месторождений, руководителю Кемеровского отделения «Общества экспертов России по недропользованию», эксперту ГКЗ.

Плодотворная и успешная научная деятельность Сергея Васильевича направлена на решение проблем обеспечения количественной оценки достоверности геологической информации угольных месторождений, оценки горного риска недропользования, геометризации, прогноза горно-геологических условий эксплуатации и анализа состояния минерально-сырьевой базы угольной отрасли.



60 лет Александру Борисовичу Макарову



Исполнилось 60 лет со дня рождения известному российскому ученому в области горной геомеханики - Макарову Александру Борисовичу.

Основная сфера научной деятельности Александра Борисовича связана с геомеханическими проблемами управления сдвижением и горным давлением при подземной, комбинированной и повторной разработке рудных залежей. Через пять лет после окончания в 1978 г. с отличием Московского геологоразведочного института в 1982 г. под руководством проф. Борщ-Компонице В.И. защитил кандидатскую диссертацию по управлению горным давлением при отработке мощных пологих рудных залежей системами с закладкой, в 1992 г. - докторскую диссертацию по управлению сдвижением и горным давлением при повторной разработке пологих рудных залежей. Им теоретически обоснована позитивная геомеханическая роль повторной разработки междукammerных целиков с погашением выработанного пространства обрушением налегающей толщи в стабилизации обстановки на Жезказганском месторождении, предложен метод расчета процесса перераспределения горного давления при извлечении междукammerных целиков, разработана методика обратного расчета прочности массива руды в целиках по фактам их разрушения горным давлением. С участием Макарова А.Б. в практику повторной разработки Жезказганского месторождения внедрена технология извлечения междукammerных целиков из открытого выработанного пространства.

В качестве эксперта Александр Борисович привлекается к решению геомеханических проблем на Малеевском, Греховском, Шубинском, Тишинском, Долинном, Риддер-Сокольном рудниках на Рудном Алтае, на Ново-Широкинском, Тасеевском рудниках в Забайкалье. На Яковлевском руднике КМА ведет геомеханический мониторинг сдвижения горных пород при отработке богатых железных руд слоевой системой разработки с закладкой в нисходящем порядке под неосушенными водоносными горизонтами. В настоящее время является геомехаником-консультантом корпорации Казахмыс, в которую входят Жезказганский, Балхашский, Жезкентский, Восточно-Казахстанский, Белоусовский комбинаты (Республика Казахстан).

На Иртышском руднике им обоснованы новые горные меры охраны стволов шахт при отработке охранных целиков взамен полной закладки выработанного пространства. На Орловском руднике проведены работы по прогнозу и предотвращению горных ударов при слоевой отработке мощных богатых залежей с закладкой и обоснованы рациональные способы крепления горных выработок на глубоких горизонтах усиленной комбинированной крепью взамен металлической рамной крепи. На Николаевском руднике Макарова А.Б. обосновал допустимые параметры подработки бортов карьера с сохранением их устойчивости при переходе от открытой к подземной разработке системой подэтажного обрушения, на руднике Нурказган - возможность использования системы разработки этажным самообруше-

нием в рудах выше средней устойчивости.

В 2009 г. Александр Борисович избран членом-корреспондентом Российской академии естественных наук. Также он член ISRM (RNG) - международного общества по геомеханике (российская национальная группа), почетный член Союза маркшейдеров России, член редколлегий «Горного журнала», «Маркшейдерский вестник».

Не менее успешно научные и организаторские способности Макаров А.Б. реализует в преподавательской деятельности. В период 1999-2011 гг. он заведовал кафедрой геодезии и маркшейдерского дела Российского государственного геологоразведочного университета. Подготовил 2 доктора и 15 кандидатов технических наук по геомеханике.

Александр Борисович автор и соавтор более 120 научных работ, в том числе книг:

- Борщ-Компонице В.И., Макаров А.Б. Управление горным давлением при отработке мощных пологих рудных залежей - М., Недра, 1986;
- Каспарьян Э.В., Козырев А.А., Иофис М.А., Макаров А.Б. Геомеханика (учебник для студентов ВУЗов) - М., Высшая школа, 2006;
- Макаров А.Б. Практическая геомеханика (пособие для горных инженеров) - М., Горная книга, 2006.

Пособие для горных инженеров «Практическая геомеханика» получило диплом Ассоциации книгоиздателей России и Комитета по печати и средствам массовой информации РФ в номинации «Лучшее издание России по естественным наукам, технике и медицине 2007 года», а ее автор получил премию «Золотое перо горняка». Данная книга получила диплом «Лучшее издание России 2007 г. по естественным наукам и технике», а ее автор стал лауреатом премии «Золотое перо горняка». Монография направлена в библиотеки Президентов Российской Федерации и Республики Казахстан, как положительный пример российско-казахстанского сотрудничества в области науки, техники и подготовки кадров.

В настоящее время в издательстве Мурманского Государственного Технического Университета подготовлен к выпуску учебник «Геомеханика» (авторы А.А. Козырев, Э.В. Каспарьян, М.А. Иофис, А.Б. Макаров, Е.Ю. Куликова), в котором изложены методы определения параметров структурных неоднородностей и естественного напряженного состояния массивов в условиях гравитационного и гравитационно-тектонических полей, изложены основные закономерности распределения напряжений и деформаций вокруг капитальных, подготовительных и очистных выработок, детально рассмотрены динамические и газодинамические проявления горного давления (горные удары и внезапные выбросы пород) и методы их прогнозирования, а также процессы сдвижения горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых.

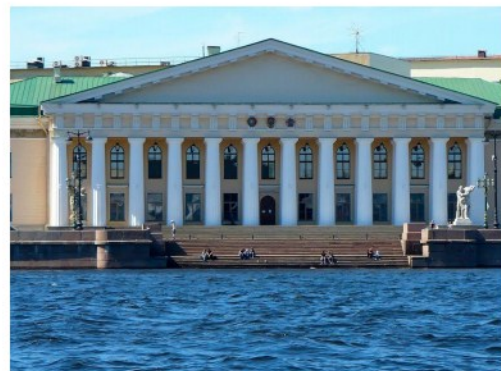
Макаров А.Б. является приглашенным лектором по геомеханике в Восточно-Казахстанском, Карагандинском технических университетах, в компании Казцинк (Казахстан), во Фрайбергской горной академии (Германия).

Горная общественность, редакции журналов «Маркшейдерский вестник» и «Цветная металлургия», друзья и товарищи по совместной деятельности сердечно поздравляют Александра Борисовича со славным юбилеем, желают ему крепкого здоровья, личного счастья и благополучной долгой жизни!

ИНФОРМАЦИЯ

НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ГЕОМЕХАНИКИ И ПРОБЛЕМ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НАЦИОНАЛЬНОГО МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО УНИВЕРСИТЕТА

Лаборатория маркшейдерских работ



Лаборатория владеет технологиями и располагает необходимыми программными средствами и современной маркшейдерско-геодезической приборной базой для проведения научно-исследовательских работ. Коллектив опытных специалистов готов выполнить для Вашего предприятия:

- теоретические и экспериментальные исследования, обобщение передового опыта маркшейдерских работ при открытом и подземном способах разработки месторождений полезных ископаемых;
- разработать нормативные и методические документы;
- исследовать процессы, происходящие на земной поверхности, с применением радиолокационной космической съемки;
- разработать и усовершенствовать методы маркшейдерского обеспечения строительства и реконструкции шахт и рудников;
- усовершенствовать маркшейдерское обеспечение производства горных работ в условиях оптимизации структуры управления горнодобывающими предприятиями;
- разработать Технологический регламент на производство маркшейдерских работ, Положение о маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охране недр, Инструкцию (методические указания) по определению, учету и нормированию потерь полезного ископаемого, Проект ликвидации или консервации горных выработок отработанной части горного отвода предприятия;
- усовершенствовать методики маркшейдерского обеспечения горных работ по развитию опорного и съемочного обоснования с применением современных технических средств, съемки горных выработок, в том числе с использованием бесконтактных дистанционных методов, монтажа и контроля геометрических параметров и ремонта крупного горнотранспортного

оборудования, определения объемов горных работ в процессе разработки месторождений и др.;

- разработать методику расчета численности штатов маркшейдерских служб с учетом новых технологий;
- создать информационные продукты с использованием радарных космических снимков;
- разработать допустимые отклонения геометрических параметров проводников жесткой армировки эксплуатируемых вертикальных шахтных стволов;
- разработать методику анализа профильных съемок жестких проводников вертикальных шахтных стволов с расчетом параметров рихтовочных работ;
- разработать аппаратуру дистанционного определения положения стволопроходческого комплекса;
- организовать изготовление проекциометров для предприятий и обучить персонал измерениям проекциометрами;
- выявить и оконтурить участки изменений рельефа по космическим снимкам, произошедших за период между двумя съемками;
- создать ортофотопланы и карты с детализацией до 1 м.

Приведенный перечень не охватывает всего многообразия выполняемых работ. Для получения дополнительной информации просим связаться с нами удобным для Вас способом.

Мы стремимся достигать максимального результата с наименьшими издержками (финансовыми, человеческими, временными и т.д.), в том числе за счет внедрения современных достижений науки и технологий.

Наши заказчики за последние 5 лет: АО «Апатит», ОАО «ГМК «Норильский никель», ОАО «Лафарж Цемент», ОАО «СУЭК Красноярск», ООО «СК РУСВЬЕТПЕТРО», ОАО «Кнауф Гипс Новомосковск», ОАО «Регионснабсбыт» и др.

Контактная информация:

199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, Средний пр. д. 82

www.spmi.ru, http://vk.com/laboratory_md

Проректор (директор): Шабаров Аркадий Николаевич,

Телефон: (812)321-96-09, факс: (812)321-96-09, e-mail: post@spmi.ru

Заведующий лабораторией: Жуков Григорий Петрович,

телефон: 8(812)321-30-30, e-mail: zhukov_gp@spmi.ru



УКАЗАТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫЙ УНЛ-01

УКАЗАТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫЙ УНЛ-01
ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И
НАКЛОННЫХ ОПОРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ТОННЕЛЯХ И ГОРНЫХ
ВЫРАБОТКАХ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОПАСНЫХ ПО РУДНИЧНОМУ ГАЗУ И/ИЛИ
ГОРЮЧЕЙ ПЫЛИ.

- проведение тоннелей и выработок с высокой точностью;
- широкий диапазон действия - от 10 до 500 м при сохранении размеров ядра центральной лазерной марки до 25 мм;
- точность и удобство настройки благодаря наличию теодолита в сборе с лазерным модулем;
- простота в обращении;
- прочный и легкий корпус;
- степень защиты оболочкой - IP54;
- вид и уровень взрывозащиты - PB Exia I X;
- компактные размеры;
- различные варианты установки:
 - на кронштейне, закреплённом на стене выработки;
 - на геодезическом штативе;
- может поставляться без теодолита, с переходной пластиной для крепления, либо другим геодезическим инструментом, указанным заказчиком;
- источником питания служит аккумуляторная батарея головного светильника СВГ-6А. Зарядка батареи - на зарядном столе ламповой. Время свечения лазера от полностью заряженной батареи - не менее 4 суток;
- сертифицирован в системе ГОСТ Р.



**ОБОРУДОВАНИЕ И РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Компания "КИТРЕЙД"

пр. Дзержинского, 69/2, офис 321
г. Минск, 220116, Республика Беларусь
Тел. (+375 17) 277 03 01
Факс (+375 17) 277 02 96
e-mail: info@keytrade.by
www.keytrade.by

ИНФОРМАЦИЯ

Станция профилирования проводников шахтных стволов "СПП-1"

614990, г.Пермь, Комсомольский пр-т, 29а
ПНИПУ, Кафедра МДГ и ГИС. Тел.(342)219-85-53,
219-80-88. E-mail: geotech@pstu.ac.ru



СПП К2

СПП К1



Профилирование в прямом и обратном направлении

Защита от пыли и влаги IP67

Рабочая температура от -20°C до +50°C

Монтирование СПП-1 БЕЗ СВАРОЧНЫХ РАБОТ!

Бесконтактные лазерные измерители

Фото и видео сопровождение профилировки

Полная компьютерная обработка результатов

Принимаются заказы на изготовление и поставку!

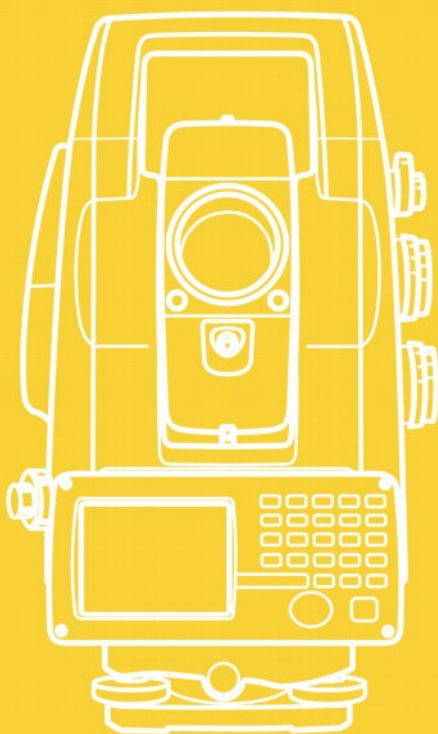
Беспроводная технология



ЗАО «Геодезические приборы» Санкт-Петербург

Методическая поддержка

обучение
консультации
повышение
квалификации



Сервисное обслуживание

техническая
поддержка
ремонт
страхование

Комплексная
ПОСТАВКА

SOKKIA

ТОРСОН

VEGA
CONSTRUCTION INSTRUMENTS

ЗАО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург
ул. Большая Монетная д.16
office@geopribori.ru

(812) 363-43-23
(812) 363-19-46



www.geopribori.ru

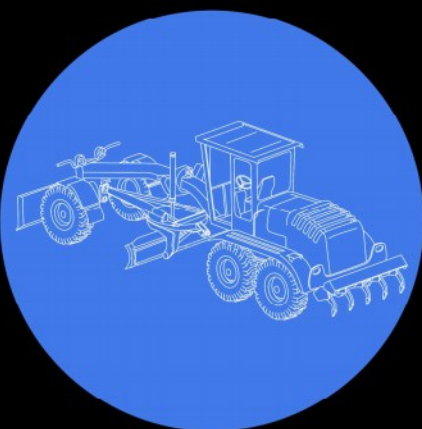
ИНФОРМАЦИЯ



ЗАО «Геодезические приборы», г. Санкт-Петербург,
ул. Большая Монетная д.16
8 (812) 363-43-23
www.geopribori.ru

ТОРСОН

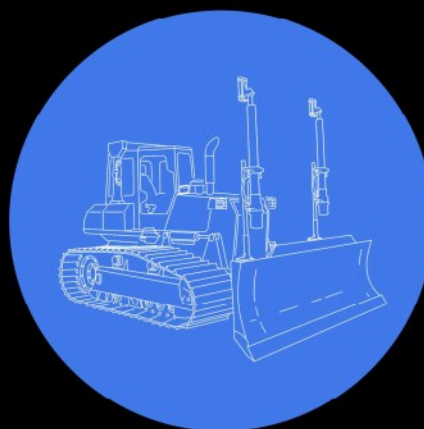
Системы нивелирования
для горной техники карьеров



ГРЕЙДЕРЫ



ЭКСКАВАТОРЫ



БУЛЬДОЗЕРЫ



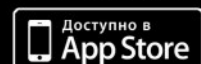
vk.com/geopribori

facebook.com/geopribori.ru

twitter.com/geopribori

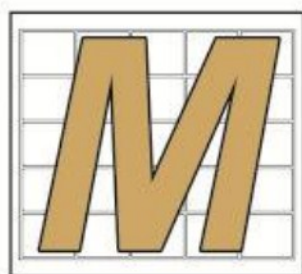
instagram.com/geopribori

Мобильное приложение:



ИНФОРМАЦИЯ

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



**МАРКШЕЙДЕРСКИЙ
ВЕСТНИК**
MINE SURVEYING BULLETIN

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

**Предлагаем вам подписаться на журнал «Маркшейдерский вестник»
на второе полугодие 2016 года**

Научный и производственный журнал «Маркшейдерский вестник» является специализированным изданием для горных инженеров-маркшейдеров, геодезистов и геологов, освещающим научно-технические организационно-правовые проблемы маркшейдерского обеспечения разработки месторождений полезных ископаемых и горно-строительных работ.

Журнал 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» вошел в обновленный список журналов ВАК с 2016 года и публикуемые в нем статьи диссертанты могут включать в перечень своих научных трудов.

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

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

Подписаться на журнал можно в отделениях связи, по индексам:

в каталоге ОАО «Роспечать» 71675;

в каталоге «Пресса России» 90949;

в каталоге «Урал-Пресс» 71675;

в интернет-каталоге «АРЗИ» Э90949. Ссылка на каталог для подписки онлайн:

<http://www.akc.ru/itm/marksheyderskiy-vestnik/>.

Подписка через редакцию принимается с любого текущего номера. Для оформления подписки на 2016 г. необходимо перечислить на счет редакции сумму предоплаты согласно каталожной цене журнала, указав точный почтовый адрес, а также должность и фамилию получателя.

На 2016 г. стоимость одного номера журнала 1534 рубля, включая НДС. Стоимость годовой подписки 9204 рубля (в том числе НДС 1404 рубля).

Уважаемые рекламодатели НТиП журнала «МВ»!

Информируем Вас, что расценки за публикацию реклам и информации в 2016 г. составляют:

в формате А4	– 16 т.руб. + НДС	– полноцветная реклама;
	– 8 т.руб. + НДС	– черно-белая реклама.
в формате А5	– 8 т.руб. + НДС	– полноцветная реклама;
	– 4 т.руб. + НДС	– черно-белая реклама.

Вся информация в журнале будет публиковаться после предварительной оплаты согласно договорам и счетам, выставленным издателем.

Проекты Ваших реклам и информации, а также заявки и платежные поручения о произведенной оплате по подписке необходимо представлять в редакцию по электронной почте: office@giprocm.ru или по факсу: (495) 616-95-55.

ИНФОРМАЦИЯ

SOKKIA

Моторизованный
тахеометр

Серия DX



СДЕЛАНО В ЯПОНИИ
Верность традициям качества!

На правах рекламы.

ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» – Генеральный дистрибьютор SOKKIA в России, +7 (495) 921-22-08, www.gsi.ru



**8-11
ноября**

Москва, ВДНХ, павильон 75



22-я Международная
промышленная выставка

МЕТАЛЛ ЭКСПО'2016

www.metal-expo.ru



Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2016



Оборудование и технологии
для металлургии и
металлообработки
МеталлургМаш'2016



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2016



Генеральный информационный партнер:
специализированный журнал
«Металлоснабжение и сбыт»

Оргкомитет выставки:
тел./факс +7 (495) 734-99-66