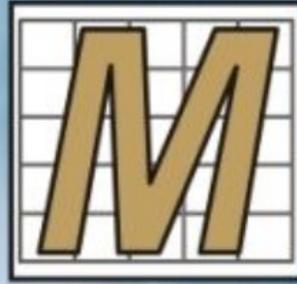


ISSN-2073-0098

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



МАРКШЕЙДЕРСКИЙ
ВЕСТНИК
MINE SURVEYING BULLETIN

№ 5 2012

Сентябрь - Октябрь
September - Oktober

МАРКШЕЙДЕРСКИЯ ИЗВЪСТІЯ

Преемнику и продолжателю
первого Российского печатного
органа маркшейдеров,
геодезистов и геологов.

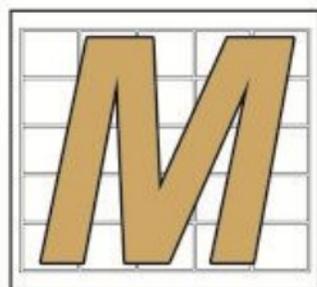
1916
15 октября 2012

20 лет

КАТЕРИНОСЛАВЪ

См. Имя. Барановская, Геодезическая ул. устья. Лазарев-В.

ФГУП Гипроцветмет
г. Москва



МАРКШЕЙДЕРСКИЙ
ВЕСТНИК
MINE SURVEYING BULLETIN

К 20-ЛЕТИЮ ИЗДАНИЯ ЖУРНАЛА «МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК»

Уважаемые коллеги!

В октябре 2012 г. научному и производственному журналу
«Маркшейдерский вестник» исполняется 20 лет.

В 1992 г. его первый номер стал преемником и продолжателем печатного органа
маркшейдеров Юга России «Маркшейдерские известия» - издания,
организованного профессорами В.И.Бауманом и П.М.Леонтовским.

Журнал «Маркшейдерские известия» выходил с 1910 по 1921 гг.

С 1925 по 1931 гг. редактировал журнал профессор И.П.Бухиник.

Затем до 1936 г. журнал выпускался как «Известия ЦНИМБА» (г.Ленинград).

С 1992 года стал выходить наш журнал «Маркшейдерский вестник».



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

Выходит журнал один раз в 2 месяца (6 раз в 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, индекс в каталоге агентства «Роспечать» 71675 в каталоге «Почта России» 90949, в каталоге «Урал-Пресс» 71675.

На 2013 г. стоимость одного номера журнала 1121 рубль, включая НДС. Стоимость годовой подписки 6726 рублей (в том числе НДС 1026 рублей).

Подписка в редакции принимается с любого текущего номера. Для оформления подписки на 2013 год необходимо перечислить на счет редакции сумму предоплаты согласно каталожной цене журнала, указав точный почтовый адрес, а также должность и фамилию получателя. Заявки и платежные поручения о произведенной предоплате просим присылать факсом: (495) 616-95-55 или по электронной почте на e-mail: office@giprocm.ru; metago@mail.ru.

Уважаемые коллеги!

Подводя итоги 20-летней работы, мы будем рады получить от Вас отзывы и пожелания о дальнейшей деятельности журнала, которые будут опубликованы на наших страницах вместе с другими материалами, посвященными 20-летию юбилею издания журнала.

Редакция МВ

Журнал издается 20-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 – ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ»
Директор, кандидат экономических наук *Потылицын Виталий Алексеевич*

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

Члены Редсовета:

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

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

Редактор
МОЛОДЫХ Ирина Валерьевна

Дизайн полноцвета
АЛПАТОВ Алексей Васильевич

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) 660-92-00 доб.4-19
E-mail: office@giprocm.ru; metago@mail.ru
<http://www.giprocm.ru>

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

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

Подписано в печать 20.09.2012 г.

Индексы в каталогах:
Агентства Роспечати 71675,
Почта 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 ответственность авторы.
Мнения авторов могут не совпадать с
мнением редакции.
Рукописи не возвращаются!

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

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ МВ ВЕСТНИК

№5 (91), сентябрь – октябрь, 2012 г.

Учредители:
СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
СОЮЗ ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКОВ
ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ»

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

«Без светоча науки и с нефтью будут потёмки»
Д.И.Менделеев

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

- **ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**
- **ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС**
- **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ**
- **ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ**
- **ЮБИЛЕИ**
- **ИНФОРМАЦИЯ**



Учредители, издатель, редакционный совет и редакция научно-технического и производственного журнала «Маркшейдерский вестник» сердечно поздравляют наших читателей с праздниками: 2 сентября – Днем работников нефтяной и газовой промышленности; 9 сентября – Днем маркшейдера.

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
– ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	
М.В.Рыльникова, О.В.Петрова, И.Х.Ахмедьянов. Оценка рыночного потенциала технологий утилизации некондиционного сырья в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений	5
М.В.Рыльникова, В.В.Олизаренко, И.Х.Ахмедьянов. К обоснованию параметров технологии утилизации отходов обогащения руд в выработанном пространстве карьеров	8
– ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС	
В.Н.Татаринев, Т.А.Татарина. Учет масштабного эффекта при наблюдениях за деформациями земной поверхности спутниковыми навигационными системами.....	15
А.П.Бульбашев, Г.П.Жуков, Г.А.Малоземов. Проектная документация как основа маркшейдерского обеспечения производства работ	19
В.И.Ляшенко. Научные основы управления запасами руд урановых месторождений	21
Е.А.Нестеренко. Изменение величины объёма отвала полезного ископаемого в зависимости от метода подсчёта	31
– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ	
Ю.В.Васильев, О.С.Мартынов, М.Л.Юрьев, А.Ю.Белонос, С.И.Яковлев. Анализ результатов геодезических и гравиметрических измерений на Самотлорском геодинамическом полигоне.....	36
В.Н.Захаров, С.С.Кубрин, Г.Н.Фейт, Д.И.Блохин. Тензометрический мониторинг напряженного состояния горного массива при разработке угольных пластов, опасных по гео- и газодинамическим явлениям.....	43
В.Н.Гусев, Е.М.Волохов, Н.С.Бак, С.Ю.Новоженин. Оценка последствий ведения горных работ и строительства подземных объектов метро на высоковольтные ЛЭП	45
В.Н.Гусев, Е.М.Волохов, Н.С.Бак, С.Ю.Новоженин. Расчёт ожидаемых сдвижений и деформаций от строительства тоннелей метро в четвертичных отложениях Г.Хошимина	51
Р.М.Кармалева. Возможности деформометрических измерений при выявлении участков потенциальной геодинамической опасности	54
– ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ	
Ф.М.Аггеев. Происхождение портуланов. Вопросы – ответы.....	59
К.Э.Тришин. О загадках древних географических карт	66
– ЮБИЛЕИ	70
– ИНФОРМАЦИЯ	72

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

М.В.Рыльникова, О.В.Петрова, И.Х.Ахмедьянов

ОЦЕНКА РЫНОЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОНДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В ПОЛНОМ ЦИКЛЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ*

Рассмотрены вопросы активной утилизации некондиционного техногенного сырья. Показан высокий рыночный потенциал технологий активной утилизации некондиционного сырья не только в текущей, но и в долгосрочной перспективе. Предложено оценить рыночный потенциал таких технологий производить по критерию ресурсной ценности отходов, позволяющему объективно оценить пригодность техногенного сырья к извлечению ценных компонентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономическая эффективность; некондиционное техногенное сырьё; ценность отходов; технологии активной утилизации.

* работа выполняется при поддержке РФФИ (грант №12-05-00374-а)

Масштабные геоэкологические проблемы остро стоят практически во всех стратегически важных регионах России. Функционирование горнодобывающей отрасли привело к формированию обширных, часто смыкающихся друг с другом хвостохранилищ, шламохранилищ и отвалов, экологически опасных для живущего в этих регионах населения и в целом для природной среды. В связи с этим, первоочередной для устойчивого развития горнодобывающих регионов является задача локализации и нейтрализации техногенных и природно-техногенных объектов.

На Южном Урале в настоящее время площади по отводу земли под хвостохранилища занимают более 503,7 га, а площади под отвалы - более 1232 га и имеют устойчивую тенденцию к увеличению. Эти проблемы характерны также и для деятельности угледобывающей промышленности, сопровождающейся образованием огромных отвалов и шламохранилищ Подмосковского, Кузнецкого, Ростовского и Дальневосточного угольных бассейнов, занимающих большие территории.

Техногенные георесурсы медной промышленности Урала представлены вскрышными и вмещающими породами, забалансовыми рудами, хвостами обогащения, металлургическими шлаками, шламами, рудничными водами.

Так, в отвалах ОАО "Учалинский ГОК" накоплено свыше 310 млн.м³ пород, на ОАО "Башкирский медно-серный комбинат" – более 180 млн.м³ пород, представленных в основном скальными и полускальными породами. Но вследствие валового складирования отдельные разности перемешаны и без предварительной сортировки непригодны для производства качественного щебня. На ЗАО «Бурибаевский ГОК» (Республика Башкортостан) в отвалах складировано 2,5 млн.т пород и забалансовых руд с сульфидными и их окислами, содержащих в среднем 0,7% меди (17,6 тыс.т), 0,1% цинка (2,9 тыс.т), 7,2% серы, 0,5 г/т золота (280 кг), 4,6 г/т серебра (3700 кг). В районе Карабашского медеплавильного комбината (ЗАО "Русская медная компания", Челябинская область) на площади 15 га складированы пиритсодержащие породы мощностью до 1,5 м, содержащие до 58% сульфидов с содержанием до 0,26% меди, 0,31% цинка, 0,1% мышьяка, 0,13% свинца. На ОАО "Гайский ГОК" (Оренбургская область) в отвалах накоплено свыше 240 млн. м³ пород вскрыши, не нашед-

ших потребителя. В отвалах отработанного Блявинского карьера остались неиспользованными около 130 млн. м³ вскрышных пород [1].

В Свердловской области, по данным на 2002 г., накоплено 54,6 млн.т. вскрышных и вмещающих пород, образованных на 6-и предприятиях медной отрасли: ОАО «Красноуральской МПК», АО «Святогор», АОЗТ «Волковский рудник», ОАО «Кировоградский МПК», ОАО «Среднеуральский МПЗ», ОАО «Дегтярское РУ», ОАО «Сафмедь», ГП им. III Интернационала [2,3].

Анализ химического состава хвостов текущей переработки руд по данным Сибайской, Гайской, Учалинской и Бурибаевских фабрик выявил, что содержание меди в них изменяется от 0,148 до 0,34%, цинка – от 0,49 до 0,87%. Качественные характеристики уложенных в хвостохранилищах хвостов обогащения по своим значениям выше и, по оценкам различных экспертов, могут обеспечить горнодобывающую промышленность Южного Урала дополнительной сырьевой базой на 40-50 лет [1].

Анализ состояния техногенной сырьевой базы показал, что, несмотря на значительные запасы ценных компонентов в отходах горно-перерабатывающих производств, потеря их качества в ходе складирования и хранения негативно отражается на рыночном потенциале горных предприятий и экологии регионов. Повышение последнего базируется на реализации активной утилизации некондиционного сырья.

Под рыночным потенциалом техногенного сырья понимается возможность максимально эффективного использования всего объема образующихся отходов. Вместе с тем, по имеющимся данным, в нашей стране ежегодно в отвалы поступает около 15 млн.т шлаков, а используется из них не более 25-30%. Анализ практического использования отходов, как в качестве вторичного сырья, так и для получения конечной продукции, показывает, что за последние 10 лет в России переработано только 7,4% отходов I класса опасности, 26,8% - II класса, 9,5% - III класса, 17,8% - IV класса. Задачи переработки отходов вышли за рамки отдельных регионов и переросли в международные социально-экономические и геоэкологические проблемы.

На предприятиях химической и металлургической промышленности реализация рациональных современных подходов к организации производства не-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

возможна без комплексного использования имеющихся ресурсов, без разработки и внедрения ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий. По этому пути уже давно и всё более активно идут промышленно развитые страны. В таких государствах как США, Германия, Япония доля вторичного сырья в производстве чугуна составляет 40%, стали – 65%, меди – от 20 до 45%, в производстве бумаги – 26%, картона – до 44%. Ведётся постоянная работа по совершенствованию технологий вовлечения в производственный оборот соответствующих отходов [4]. Данные факты свидетельствуют о наличии резерва роста рыночного потенциала технологий утилизации некондиционного сырья на отечественном рынке.

В настоящее время отсутствуют способы утилизации отходов, обеспечивающие их превращение в востребованную рынком продукцию с высокой добавленной стоимостью. Прежде всего это связано с невысокой извлекаемой ценностью техногенного сырья, практически сопоставимой с теми затратами, которые несут горные производства на простое его складирование. Неоспоримым преимуществом технологий переработки некондиционного сырья является то, что они обладают гибкостью процессов, позволяющей при небольших капитальных вложениях переходить на выпуск продукции, наиболее востребованной рынком. Вместе с тем, комплексный подход к использованию техногенных георесурсов, в том числе выработанных пространств, позволяет эффективно решать вопросы последующего образования отходов, образующихся в результате переработки некондиционного сырья.

Поэтому, оценку рыночного потенциала технологий активной утилизации некондиционного сырья необходимо производить по критерию ресурсной ценности отходов. Данный показатель представляет собой отношение извлекаемой ценности техногенных ресурсов и дополнительных экономических эффектов, полученных от снижения себестоимости основного и вспомогательного производства, затрат на рекультивацию, экономии на экологических и налоговых платежах, к суммарным затратам на реализацию предлагаемых технологий:

$$K_{p.ц.} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i^{извл} * Q_i + \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{дон}}{0.12 * \sum_{i=1}^n K_{дон} + \sum_{i=1}^n C_i}, \text{ доли единиц, (1)}$$

где $C_i^{извл}$ - извлекаемая из техногенных отходов ценность полезных компонентов, руб./т; $\mathcal{E}_{дон}$ - дополнительные экономические эффекты, полученные от реализации предлагаемой технологии, руб., $K_{дон}$ - дополнительные капитальные затраты, необходимые для реализации предлагаемой технологии, руб., C - эксплуатационные затраты на реализацию предлагаемой технологии, руб., Q – количество некондиционного сырья, образующегося на предприятии, т.

$$C_i^{извл} = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \varepsilon_i \cdot C_{п.к.} \cdot k_s, \text{ руб./т, (2)}$$

где β_i – содержание i -го металла в некондиционном сырье, %; ε_i – извлечение i -го металла при переработке некондиционного сырья, %; n – число извлекаемых компонентов; $C_{п.к.}$ - отпускные ценны i -го металла в конечной продукции руб./т; k_s - курс доллара, руб.

$$\mathcal{E}_{дон} = \mathcal{E}_{опс} + \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_{рек}, \text{ руб., (3)}$$

где $\mathcal{E}_{опс}$ – экономия на платежах за негативное воздействие на окружающую среду по видам воздействия, руб.; \mathcal{E}_p – экономия ресурсов, руб.; $\mathcal{E}_{рек}$ – экономия на затратах по рекультивации, руб.

При значении критерия ресурсной ценности $K_{p.ц.} > 1,15$ техногенное сырье пригодно для извлечения ценных компонентов в краткосрочной перспективе; при $1 < K_{p.ц.} < 1,15$ доизвлечение ценных компонентов может быть осуществлено в долгосрочной перспективе (в пределах 20 лет), а при $K_{p.ц.} < 1$ утилизация сырья целесообразна в выработанных пространствах без доизвлечения ценных компонентов.

В соответствии с результатами выполненных исследований технологии активной утилизации некондиционного сырья представляют собой востребованную рынком *продукцию*.

Основными потребителями технологий активной утилизации некондиционного сырья являются горные предприятия, имеющие выработанные пространства карьеров и шахт. Как правило, это горные предприятия, разрабатывающие запасы комбинированным способом и (или) применяющие системы разработки с закладкой выработанного пространства при отработке запасов подземным способом. Отдельным сегментом потребителей данных технологий можно выделить горно-обогатительные предприятия, имеющие большие объемы накопленных техногенных отходов и испытывающие нехватку земельных площадей для складирования вновь образующихся отходов. По результатам проведенных исследований сделан вывод, что основными потребителями технологий являются отечественные горные предприятия, осуществляющие разработку рудных месторождений, такие как:

- горные предприятия компаний «УГМК-холдинг», «Русская медная компания», «ЮжУралЗолото», шахтостроительные предприятия и др., осуществляющие свою деятельность на внутреннем рынке;
- горные предприятия Казахстана и других стран экономического сотрудничества, представляющие внешний рынок возможных потребителей.

В настоящее время большинство горнодобывающих предприятий испытывает потребность в природных ресурсах как в части свободных земельных площадей, так и в части восполнения выбывающей минерально-сырьевой базы. Использование выработанных пространств для размещения техногенных отходов и (или) формирования техногенных месторож-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

дений в зависимости от ресурсной ценности некондиционного сырья позволит решить вопросы изыскания свободных площадей для размещения образующихся в результате горнодобывающей деятельности отходов. Экономически целесообразное извлечение полезных компонентов из некондиционного сырья в соответствии с потребностями рынка решает вопросы воспроизводства минерально-сырьевой базы и продления периода активной производственной деятельности горных предприятий. Учитывая накопленные объемы некондиционного сырья и их неизбежный ежегодный прирост, внедрение технологий активной утилизации отходов позволит существенно продлить срок эффективного функционирования горных предприятий.

Отечественные технологии утилизации некондиционного сырья не являются и не могут быть в полной мере аналогами импортных ввиду уникальности каждого природного и техногенного месторождения в части вещественного состава сырья, горно-геологических, горно-технических и природно-климатических условий и т.д.

Емкость рынка технологий активной утилизации некондиционного сырья характеризуется объемами и качеством накопленных в хранилищах отходов, ресурсной ценностью техногенного сырья, дефицитом площадей земельного отвода, объемами выработанных пространств карьеров и шахт.

Главными факторами, обеспечивающими внедрение технологий активной утилизации техногенного сырья, являются:

- сокращение земельных площадей, изымаемых под складирование техногенных отходов;
- формирование перспективной сырьевой базы на основе фактически уже добытых и частично переработанных ресурсов;
- снижение негативного экологического воздействия на окружающую природную среду;
- осуществление этапов рекультивации выработанных пространств по мере их возникновения, а не на завершающей стадии ликвидации горных производств;
- сохранение базовой ценности техногенных георесурсов как в процессе утилизации, так и в процессе формирования техногенных месторождений.

Основным фактором, сдерживающим внедрение технологий, направленных в будущее, является несовершенство нормативно-правовой базы России в различных аспектах:

- действующие на территории страны принципы формирования платы за загрязнение окружающей природной среды не обеспечивают стимулирующего действия с целью сокращения техногенных отходов, размещаемых на земной поверхности;
- экологический фактор при обосновании основных проектных технологических решений по освоению недр страны также не является приоритетным при принятии технологических решений, тогда как в странах Европы практика горного проектирования неразрывно связана с постоянно ужесточающи-

мися экологическими требованиями общества. При выборе стратегии устойчивого развития современного горнодобывающего производства важным критерием эффективности при проектировании является минимизация воздействия горного производства на окружающую среду. Это определяет необходимость внесения соответствующих изменений в нормы технологического проектирования;

- при эколого-экономической оценке проектов в РФ по сей день формально действует «Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды», одобренная постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума АН СССР от 21 октября 1983 г. И, хотя на конгрессе по экологической экономике, проходившем в Москве осенью 2001 г., во многих выступлениях подчеркивалось, что лучшей методики с 1983 г. создано не было, используемые в настоящее время подходы не позволяют достаточно адекватно оценивать уровень эколого-экономического ущерба. От качества эколого-экономической оценки технологии существенно зависит эффективность проведения эколого-экономического анализа и принятия решений в сфере промышленного природопользования. Не проработан состав эколого-экономических показателей и показателей социальных последствий функционирования производственно-хозяйственных объектов в разделах «Охрана окружающей среды» инвестиционных проектов и проектов строительства.

Основными барьерами входа на рынок технологии формирования в выработанном пространстве карьеров и шахт техногенных месторождений для их последующего освоения являются:

- осуществление инвестиций «сейчас, в данный момент» при отдаче на вложенный капитал через значительный промежуток времени;
- «уникальный состав» отходов добычи, что не позволяет без проведения специальных исследований прогнозировать удовлетворительный уровень извлечения товарной продукции.

Действенным инструментом преодоления барьеров является нехватка земельных площадей для размещения вблизи действующих обогатительных фабрик новых хвостохранилищ. В этом случае эксплуатационные расходы на содержание хвостохранилища в несколько раз превышают эксплуатационные расходы на внедрение технологий утилизации хвостов в выработанном пространстве карьеров. Разработка методики посекционного складирования хвостов в выработанном пространстве карьеров будет способствовать расширению рынка реализации данной технологии.

В качестве инструментов преодоления вышеуказанных барьеров следует рассматривать:

- включение расходов на заполнение выработанных пространств некондиционным сырьем в расходы на этапе горнотехнической рекультивации карьера;

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

- при изменении конъюнктуры на рынке металлов технология позволяет изменить временной отрезок её реализации, т.е. изменить долгосрочную перспективу на краткосрочную и наоборот. Данная возможность позволяет управлять финансовым результатом технологий формирования в выработанном пространстве карьеров и шахт техногенного месторождения для его последующего освоения.

Учитывая специфику разрабатываемых технологий, их рыночная доля будет определяться объемами добычи полезных ископаемых, ценностью техногенных отходов, сопоставлением имеющихся в наличии «свободных» земельных площадей и выработанных пространств карьеров и шахт, использованием систем разработки с закладкой выработанного пространства, перспективой развития рудной базы горнодобывающих регионов.

Таким образом, рыночный потенциал технологий активной утилизации некондиционного сырья весьма высок не только в текущей, но и в долгосрочной перспективе. По сравнению с применяемыми в большинстве случаев на практике технологиями складирования некондиционного сырья внедрение технологий его активной утилизации обеспечивают существенный дополнительный экономический эффект в виде:

- экономии на материальных ресурсах, получаемой в результате переработки отходов горного производства и использования продукции передела отходов в основном технологическом цикле добычи и

переработки полезных ископаемых;

- дополнительной товарной продукции в зависимости от потребностей рынка минерального сырья;

- высвобождаемых земельных площадей, планируемых под размещения вновь образующихся отходов горно-обогатительного производства;

- целенаправленного формирования минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий в виде техногенных месторождений;

- уменьшения негативного воздействия на окружающую природную среду.

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. Мормилъ С.И., Амосов Л.А., Хасанов Г.Г. Минерально-сырьевая база техногенных образований Свердловской области: состояние и основные направления использования // Техногенез и экология: Информ.-темат. сб. / Под ред. А.Г.Талалая. Екатеринбург: УГГА, 2002. С.4-30.

3. Данилов Н.И., Смирнов Л.А., Лещиков В.И. Опыт утилизации техногенных образований в Свердловской области // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2000. №5/6. С.41-51.

4. Анаисимов В.Н. Современное состояние использования отходов и техногенного сырья. Безотходная переработка природно-техногенных месторождений мобильными технологическими комплексами, Горная промышленность, №4 (86) 2009, стр.42).

Марина Владимировна Рыльникова, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник УРАН ИПКОН РАН;

Ольга Викторовна Петрова, к.т.н., доцент ФГБОУ ВПО МГТУ им.Г.И.Носова;

Ильяс Харисович Ахмедьянов, технический директор ОАО «Учалинский ГОК»

М.В.Рыльникова, В.В.Олизаренко, И.Х.Ахмедьянов

К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ РУД В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ КАРЬЕРОВ *

Приведены результаты исследования по обоснованию мест размещения узлов для обезвоживания пульпы и подачи отходов в выработанное пространство карьера при выборе рациональных технологических решений по утилизации хвостов обогащения руд в карьерах. Показано, что обоснованный выбор этих параметров обеспечивает возможность формирования техногенного месторождения с заданным распределением ценных компонентов по глубине и площади выработанного пространства карьера.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отходы обогащения руд; технологии активной утилизации; экономическая эффективность; карьер; обезвоженная пульпа; техногенный массив.

* исследования выполняются при поддержке РФФИ (грант 12-05-00374-а)

При проектировании и реализации горных технологий, характеризующихся снижением негативного воздействия на окружающую среду, особое значение приобретает решение вопросов утилизации отходов добычи и переработки руд в выработанном пространстве рудников. Выбор рациональных технологических решений по утилизации хвостов обогащения руд в карьерах предполагает обоснование мест размеще-

ния узлов для обезвоживания пульпы и подачи отходов в выработанное пространство карьера. Обоснованный выбор этих параметров обеспечивает возможность формирования техногенного месторождения с заданным распределением ценных компонентов по глубине и площади выработанного пространства карьера.

Технология утилизации отходов обогащения руд в выработанном пространстве карьера должна бази-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

роваться на реализации технологических процессов обезвоживания пульпы до влажности 30-33% путем сгущения, транспортирования отходов гидравлическим транспортом в карьер и последовательного намыва техногенного массива. Экономически выгодной данная технология является при минимизации длины транспортирования хвостов от стационарно расположенной обогатительной фабрики до обоснованно выбранного места расположения узла обезвоживания пульпы на борту карьера. От узла обезвоживания пульпа самотеком по системе скважин и трубопроводу доставляется в точку сброса.

Складирование обезвоженной пульпы по площади дна карьера и до проектной отметки его заполнения техногенным сырьем производится последовательно-послойной укладкой слоев при одностороннем или встречном направлении развития фронта работ от верхней бровки уступа бортов вниз по проекции:

- любой из осей, проходящих через центр - для карьеров округлой в плане формы (рис.1 а);
- только вдоль продольной, либо поперечной оси - для карьеров прямоугольной (рис.1 б), прямоугольно-округлой (рис.1 в) или неправильной вытянутой в каком-либо направлении формы чаши карьера (рис.1 г) [1].

В конфигурации всех представленных на рис.1 схем сочетаются различные элементарные объемные геометрические фигуры, вписанные по горизонталь-

ным плоскостям от дна карьера до его поверхности. Плоскости эти представлены кругами, полукругностями, трапециями, секторами с центрами, лежащими на вертикальной оси.

Для обоснования параметров формируемых техногенных массивов на основе отходов обогащения руд с использованием трубопроводного гидротранспорта был использован графоаналитический метод. При этом основывались на том, что количество точек сброса определяет число районированных участков селективного складирования пульпы с различными гранулометрическим и вещественным составом, физико-механическими характеристиками. Объем закладываемой пульпы рассчитывался аналитически и проверялся экспериментально в ходе моделирования на лабораторном стенде.

Объектом физического моделирования выбрано выработанное пространство Учалинского карьера (длина 1950 м, ширина 1025 м, глубина 336 м), имеющего непрямолинейную продольную геометрическую конфигурацию (рис.2 а,б). На рис.2 в, г по высоте первого, третьего и седьмого спаренных уступов (каждый по 48 м) приведены вписанные в пространственную фигуру, занимаемую пульпой, элементарные геометрические формы: концентрические круги, трапеции, треугольники, образующие в карьере усеченные конусы и призмы.

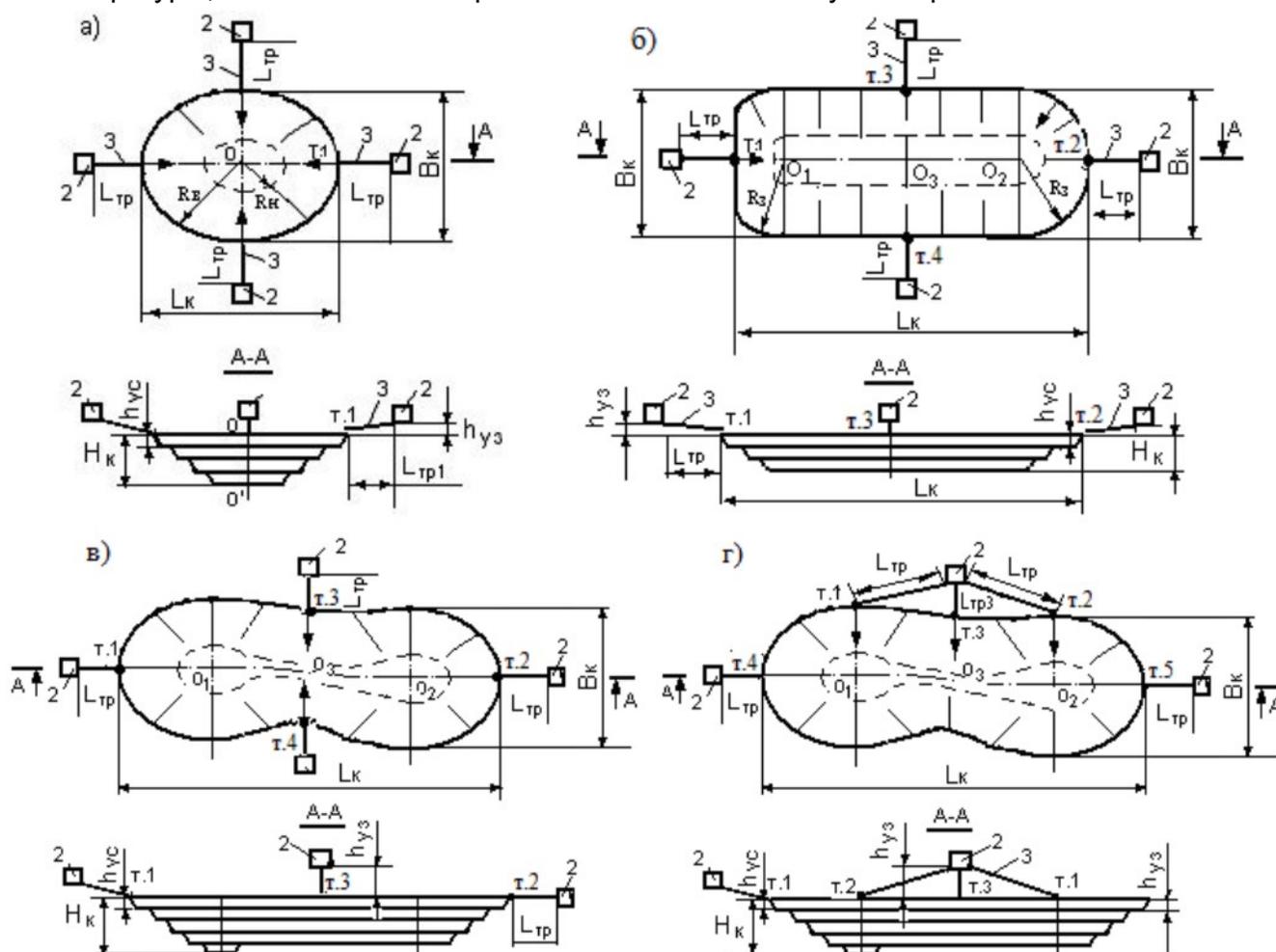


Рис.1, а-г. Форма и параметры выработанного пространства карьеров:

длина (L_k , м), ширина (B_k , м), глубина (H_k , м), высота одинарного или спаренного уступа (h_y , м), радиус закругления бортов и уступов (R_3 , м); 1 – карьер; 2 – узел обезвоживания пульпы; 3 - расстояние транспортирования (L_{tpi} , м) от узла обезвоживания пульпы до n -ой точки сбрасывания на бровку уступа борта карьера; h_{ys} – геодезическая высота (м), превышения расположения узла обезвоживания пульпы над точками сбрасывания пульпы с верхней бровки уступа борта карьера;

$T_1 - T_4$ – точки сброса пульпы в выработанное пространство карьера

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

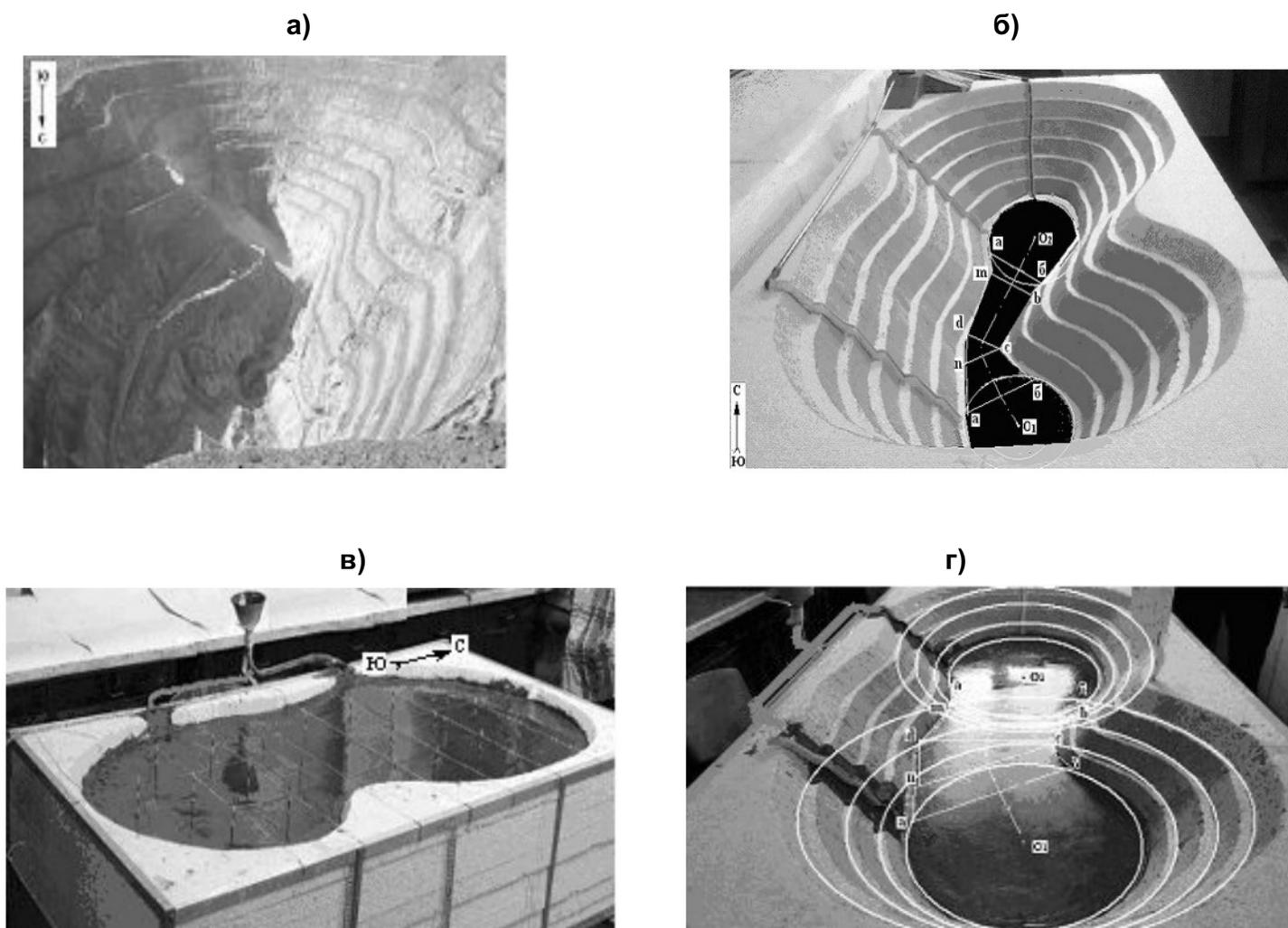


Рис.2, а-г. Фото (а) и модель (б) отработанного Учалинского карьера с разделением на вертикальные (в) и горизонтальные (г) единичные объемы

Моделирование технологии заполнения выработанного пространства Учалинского карьера проводилось с обеспечением геометрического подобия: коэффициент линейного подобия определялся отношением $\lambda_l = l_n / l_m$, где l_n , l_m – линейные размеры природы и модели карьера, м. В нашем случае принято $\lambda_l = 1000$.

В ходе моделирования плотность и механические характеристики пульпы соответствовали натуре. Поэтому для обеспечения механического подобия пересчет параметров процессов с модели на натурные условия производился с помощью соответствующих коэффициентов (λ_i), являющихся функцией линейного масштаба и принимаемых равными для плотности (λ_m), скорости (λ_v), производительности (λ_Q) и расхода энергии (λ_W), соответственно:

$$\lambda_m = \lambda_l^3; \lambda_v = \lambda_l^{0,5}; \lambda_Q = \lambda_l^{2,5}; \lambda_W = \lambda_l^{3,5}, \quad (1)$$

где λ_l – коэффициент линейного масштаба.

При этом учитывали, что достижение полного подобия по размерам частиц в составе обезвоженной пульпы неосуществимо (класс частиц -0,074 мм и ниже уменьшить в 1000 раз при проведении эксперимента практически невозможно). Поэтому условно принимали гранулометрический состав моделируемой смеси с уменьшением размера зерен в λ_l раз относительно типичных частиц преобладающих фракций.

Выбор места расположения узла обезвоживания пульпы на борту карьера зависит от стационарного расположения обогатительной фабрики и определяется по кратчайшему расстоянию транспортирования пульпы от фабрики до узла обезвоживания и от него до точки сброса обезвоженной пульпы с верхней бровки уступа в карьер (рис. 1).

Для определения рационального места расположения узла обезвоживания пульпы (рис.2 г) выполнялось графическое построение вписанных кругов по площади дна и поверхности в южной (с центром в т. O_1) и северной (с центром в т. O_2) частях карьера.

Концентрационные круги с центрами O_1 и O_2 на дне карьера находятся один вне другого при соотношении продольной длины карьера ($L_{к.пр}$) к поперечной ширине ($B_{к.поп}$) больше 2: $L_{к.пр}^n : B_{к.поп}^n > 2$ (рис. 3).

Вписанные круги с центрами O_1 и O_2 при $L_{к.пр}^n : B_{к.поп}^n = 1$ имеют соосное расположение (рис.3 а). При соотношении $L_{к.пр}^s : B_{к.поп}^s > 1$ вписанные круги пересекаются по хорде ab и имеют две точки пересечения (рис.3 б). При соотношении $L_{к.пр}^s : B_{к.поп}^s = 2$ (рис.3 в) вписанные круги имеют одну точку касания, не пересекаются и не соприкасаются при соотношении $L_{к.пр}^s : B_{к.поп}^s > 2$ (рис.3 г).

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

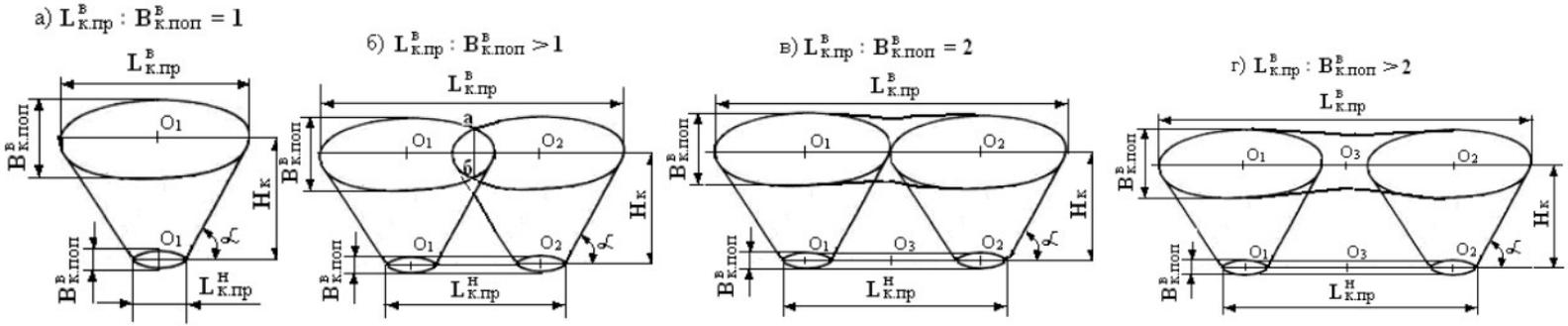


Рис.3. Схема расположения вписанных кругов на площади дна и по поверхности выработанного пространства карьера

Рациональное расположение точки сброса обезвоженной пульпы с поверхности борта карьера должно быть ориентировано параллельно продольной или поперечной осям карьера. При этом направление самотечного растекания пульпы по всему периметру до дна карьера перпендикулярно бровке уступов. Для обеспечения минимального расстояния транспортирования пульпы узел обезвоживания должен быть расположен за пределами зоны обрушения борта вдоль продольной осевой линии карьера в центре между северным и южным кругами, вписанными в дно карьера (рис.4).

мещение узлов обезвоживания возможно только вдоль продольной оси карьера в точках УО₁ и УО₂.

Указанное место расположения узла обезвоживания обеспечивает равную удаленность точек сброса обезвоженной пульпы с верхней бровки уступа в карьер (рис.4). В соответствии с этим и согласно рис.4, узел обезвоживания пульпы следует располагать в точке пересечения хорды и поперечной оси карьера в точке УО₃.

Моделированием технологии формирования техногенных образований из сгущенных хвостов обогащения руд установлено:

- направление растекания обезвоженной пульпы от точки сброса перпендикулярно бровке уступа;
- растекание пульпы по площади дна карьера во всех случаях идет по округлой форме;
- количество районированных секторов селективного складирования пульпы зависит от числа точек ее сброса в выработанное пространство карьера.

Рациональное расположение точек сброса обезвоженной пульпы в карьер устанавливается по концентрационным кругам в точках касания касательных *тп* и *кq* и пересечения их с перпендикулярами *тк* и *пг*, проходящими через центра кругов *О₁* и *О₂*, обеспечивая равенство $L_{тр1} = L_{тр2}$ (рис.4).

Наличие одной точки сброса ($n_{тi} = 1$) обезвоженной пульпы в выработанное пространство карьера любой конфигурации (рис.5) позволяет выполнить послойное складирование ее в одном районе с углом растекания самотеком $\alpha_p = 4-6^\circ$ по всему объему выработанного пространства карьера. Угол самотечного растекания ($\alpha_p = 4-6^\circ$) пульпы обеспечивает сбор излишков воды из обезвоженной пульпы в прудке отстоя.

Расположение двух точек сброса возможно как вдоль продольной (рис.5 а, б), так и поперечной (рис.5 в, г) оси карьера. Сброс обезвоженной пульпы с двух точек, расположенных на продольной оси карьера (рис.5 б), обеспечивает ее направленное растекание по площади 1-го (*R₁*) и 2-го (*R₂*) участков при встречном пересечении слоев на их контакте с образованием третьего участка (*R₃*) с усредненными характеристиками техногенного сырья (рис.6). При этом, прудок отстоя воды образуется в пережиге карьера над участком *R₃*.

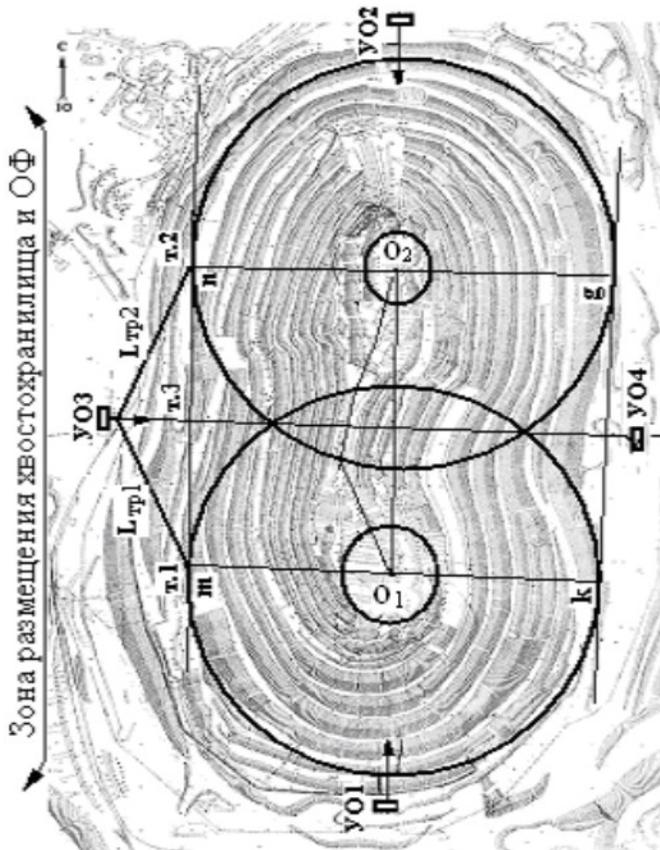


Рис.4. Схема к определению месторасположения узлов обезвоживания (УО_i) и точек сброса (1-4) пульпы с верхней бровки бортов карьера

Для условий формирования техногенного массива в Учалинском карьере при расположении обогатительной фабрики со стороны западного борта раз-

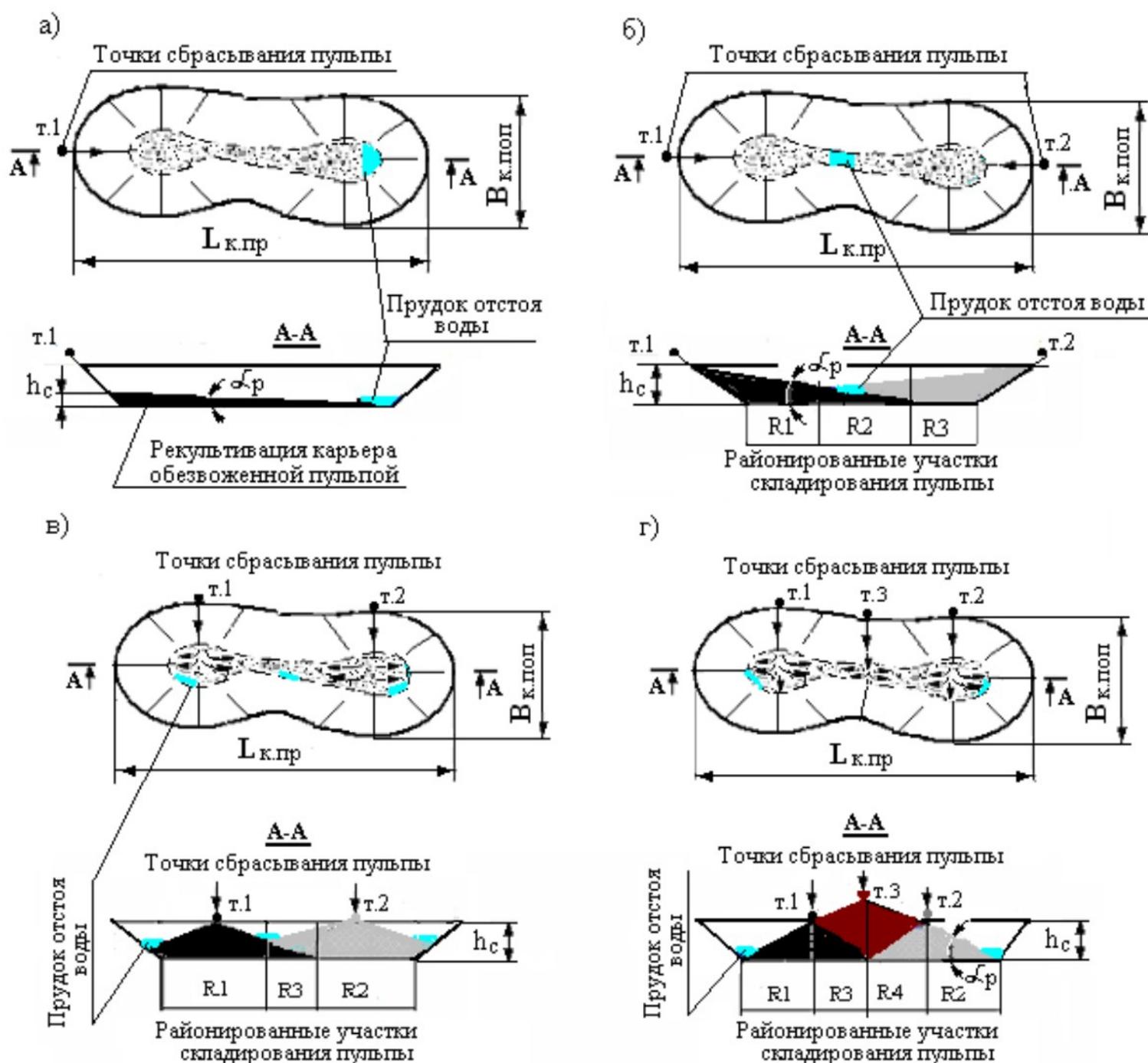


Рис.5. Схема расположения точек сброса пульпы в карьер (т.1, т.2, т.3) и послойного её складирования на участках R₁, R₂, R₃, R₄

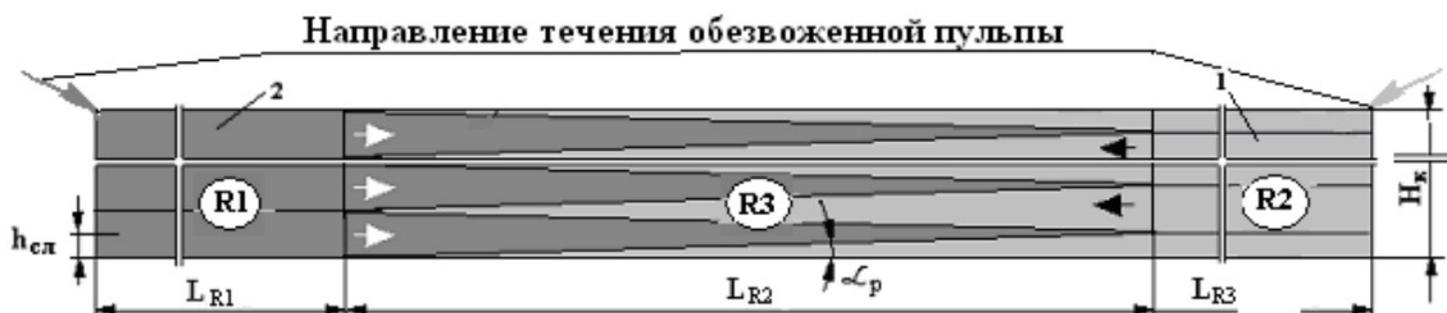


Рис.6. Схема встречного разлива обезвоженной пульпы различных характеристик с образованием 3-го участка районирования R₃

Преимуществом сброса пульпы с двух точек, расположенных вдоль поперечной оси карьера (рис.5 в), является минимальная длина транспортирования пульпы от узла сгущения до точек сброса ($L_{тр1}$, м).

Встречное растекание пульпы при послойной укладке происходит между линиями сброса обезвоженной пульпы в т.1 и т.2. При этом образуются два прудка отстоя воды в левой и правой частях выработанного

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

пространства карьера вдоль его продольной оси.

Три точки сброса обезвоженной пульпы (рис.5 г) обеспечивают растекание ее по площадям 1-го, 2-го и 3-го секторов при встречном послойно-очередном растекании слоев по сегментам, отсекаемым общей хордой ab . В этой зоне образуются участки R_3 и R_4 с усредненными характеристиками техногенного сырья, отличающимися от характеристик сырья на участках R_1 и R_2 . При трех точках сброса обез-

воженной пульпы в карьер прудки отстоя воды образуются перед R_1 и за участком R_2 .

Объем (Q_{ni} , m^3) обезвоженной пульпы, складываемой в R_{ip} участок, определяется суммированием объемов элементарных геометрических фигур (рис.7), образованных при последовательно-послойной укладке пульпы с заданными характеристиками в отдельные сегменты карьера.

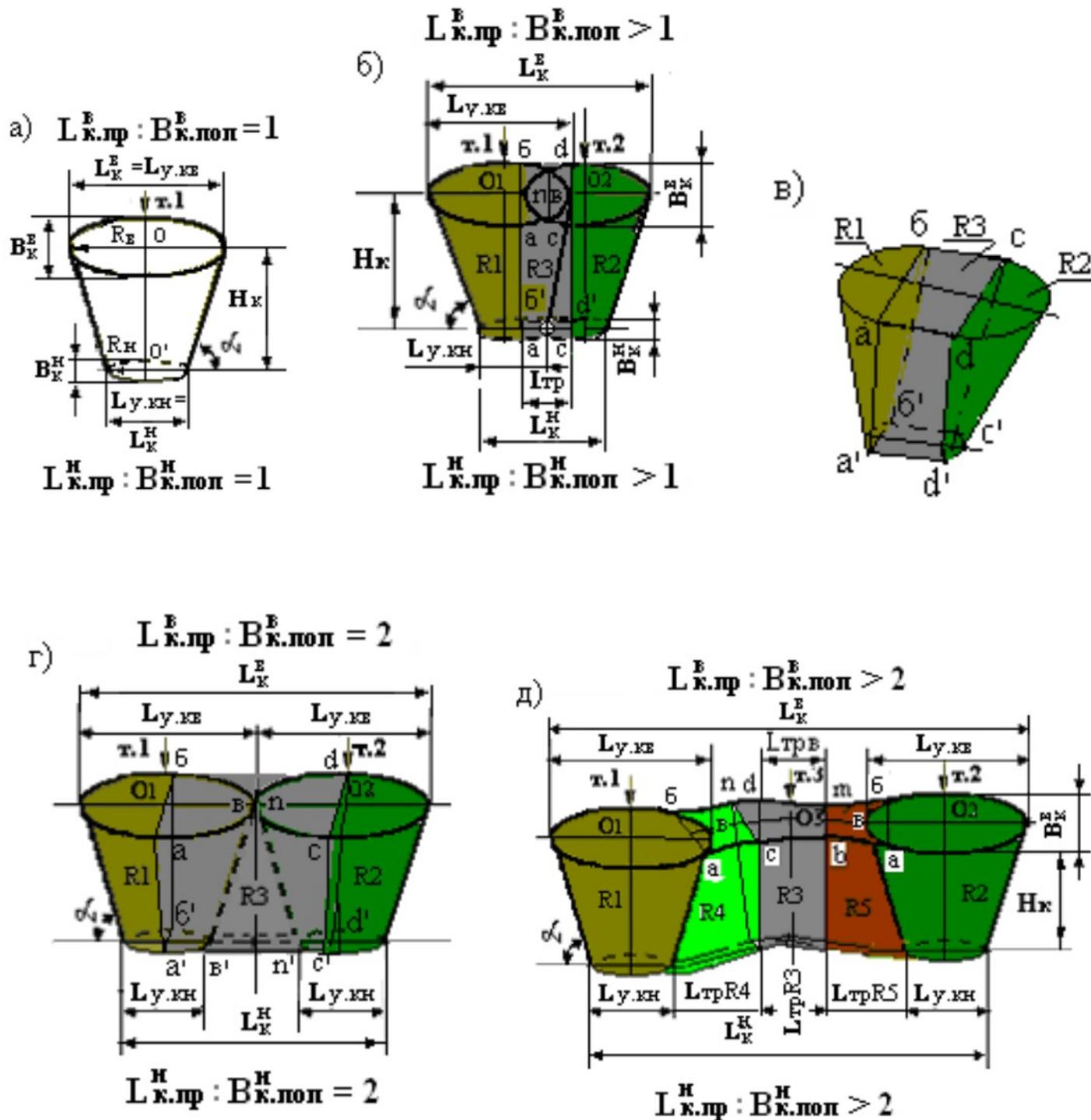


Рис.7. Схемы к определению объемов отдельных сегментов техногенного образования с различными свойствами сырья в выработанном пространстве карьера различной формы

Объем селективно формируемого техногенного образования из обезвоженной пульпы хвостов обогащения медно-колчеданных руд, поступающих с фабрики с различными характеристиками состава и

свойств (рис. 7), определяется по выражениям:

1. Для округлых карьеров с соотношением $L_{k.pr} : V_{k.pon} = 1$ (рис.7 а):

$$V_{\text{то1}} = \frac{1}{3} \pi \cdot H_k (R_{y.kв}^2 + R_{y.кн}^2 + R_{y.кв} R_{y.кн}), \quad (2)$$

где H_k – глубина карьера, м; $R_{y.кв}$, $R_{y.кн}$ – радиусы верхнего и нижнего перевернутого усеченного конуса, м.

2. Для вытянутых в плане карьеров с соотношением $2 > L_{к.пр} : B_{к.поп} > 1$:

$$V_{y.kR1} = (V_{y.kR1} - V_{сег.авб}) + (V_{y.kR2} - V_{сег.анс}) + V_{мп}, \quad (3)$$

где $V_{y.kR1}$, $V_{y.kR2}$, $V_{тр}$ – объемы усеченных конусов, определяемых по выражению (2).

3. Для карьера с соотношением $L_{к.пр} : B_{к.поп} = 2$ с вписанными кругами на поверхности, имеющими одну точку касания (рис. 7 г), объем техногенного образования равен:

$$V_{\text{то1}} = [(0,5 \cdot V_{y.kR1} + 0,5 \cdot V_{y.kR2})] + V_{трR3}, \quad (4)$$

где $V_{y.kR1}$, $V_{y.kR2}$, $V_{трR3}$ – объемы (м^3) перевернутых полуконусов, определяемые по выражению (5); $V_{трR3}$ – объем трапецевидной призмы, заключенной между усеченными полуконусами участков R_1 и R_2 , определяется по выражению (6), м^3 .

4. Для карьеров с соотношением $L_{к.пр} : B_{к.поп} > 2$ объем техногенного образования определяется по выражению:

$$V_{\text{то3}} = (V_{y.kR1} - V_{y.сегR4}) + (V_{y.трR3} - V_{y.сегR4}) + V_{\Delta y.ncdR3} + (V_{y.трR5} - V_{y.сегR2}) + (V_{y.kR2} - V_{y.сегR2}); \quad (5)$$

где $V_{y.kR1}$, $V_{y.kR2}$ – объемы участков R_1 и R_2 , представленных перевернутыми усеченными конусами, м^3 ; $V_{y.трR4}$, $V_{y.сегR2}$ – объемы сегментов, отсекаемые хордами ab и dc от усеченных конусов R_1 и R_2 , м^3 ; $V_{y.трR3}$, $V_{трR5}$ – объем призмы, заключенной между усеченными фигурами R_3 и R_2 , м^3 ; $V_{\Delta y.ncdR3}$ – объем прямоугольной призмы с основанием в виде треугольника ncd участка R_3 , (м^3);

$$V_{\Delta y.ncdR3} = 1/2(a \cdot h \cdot H_k), \quad (6)$$

где a , h – основание и высота прямоугольного треугольника ncd , м.

Общая масса обезвоженной пульпы (G , т/м^3), заложеной в выработанное пространство карьера, рассчитывается:

$$G_i = \sum V_{\text{тоi}} \cdot \gamma_i, \quad (7)$$

где $V_{\text{тоi}}$ – объем i -го техногенного образования с заданными технологическими и физико-механическими

характеристиками, м^3 ; γ_i – плотность обезвоженной пульпы в i -том сегменте, т/м^3 .

Выполненные исследования показали, что:

- складирование обезвоженной пульпы в выработанное пространство карьера обеспечивает его рекультивацию с возможностью селективного размещения техногенного сырья с различными свойствами в локальных сегментах для использования в средней или долгосрочной перспективе;

- сброс обезвоженной пульпы с бровки одного уступа по продольной оси карьера обеспечивает его заполнение техногенным сырьем с образованием прудка отстоя воды в противоположной от точки сброса пульпы стороне;

- сброс обезвоженной пульпы с двух точек, лежащих на противоположных бортах вдоль продольной оси карьера любой формы, обеспечивает формирование трех локальных участков с различными свойствами техногенного сырья с образованием прудка отстоя воды в средней части карьера;

- сброс обезвоженной пульпы с двух точек, лежащих на одном продольном борту карьера при $L_{к.пр} : B_{к.поп} > 1$ и $L_{к.пр} : B_{к.поп} = 2$, обеспечивает образование трех локальных участков обезвоженной пульпы с различными свойствами с образованием трех прудков отстоя воды в центральном и периферийных участках дна карьера;

- сброс обезвоженной пульпы с трех точек, лежащих на одном продольном борту карьера при $L_{к.пр} : B_{к.поп} > 2$, обеспечивает образование пяти локальных участков обезвоженной пульпы с различными свойствами с образованием двух прудков отстоя воды в периферийной части вблизи торцевых откосов бортов карьера.

Учет рассмотренных параметров формирования техногенных образований в совокупности с установлением закономерностей распределения ценных компонентов в массиве позволяет прогнозировать формирование техногенных образований с заданным распределением качества техногенного сырья по глубине и площади.

Литература

1. Открытые горные работы. Справочник /Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Винницкий К.Е, Мельников Н.Н. и др. –М.: Горное бюро, 1994. -550 с.

Марина Владимировна Рыльникова, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник УРАН ИПКОН РАН;
Владимир Владимирович Олизаренко, к.т.н., профессор ФГБОУ ВПО МГТУ им.Г.И.Носова;
Ильяс Харисович Ахмедьянов, технический директор ОАО «Учалинский ГОК»

В.Н.Татаринов, Т.А.Татарина

УЧЕТ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СПУТНИКОВЫМИ НАВИГАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Обоснована необходимость учета масштабного пространственно-временного эффекта при наблюдениях за СДЗК спутниковыми навигационными системами GPS/ГЛОНАСС. Приведены критерии оценки устойчивости геосреды, позволяющие задавать граничные условия при моделировании напряженно-деформированного состояния и выполнять геодинимическое районирование рудных полей и площадок при выборе мест размещения особо ответственных промышленных объектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геосреда; деформированное состояние; смещение поверхностей; граничные условия; критерии оценки устойчивости; геодинимическое районирование.

Успех наблюдений за современными движениями земной коры (СДЗК) с использованием глобальных навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС (ГНСС), достигнутый на базисах до тысячи и более километров, создал иллюзию универсальности метода и для детальных исследований. Методологию интерпретации результатов GPS-наблюдений стали массово переносить с глобального уровня на локальный, например, для решения задач геодинимического районирования рудных, когда расстояния между пунктами наблюдений не превышают 1-5 км. Интерпретируя результаты, исследователи придерживаются двух крайних гипотез: одна группа использует блоковую модель строения земной коры (дискретная среда) [1, 2], другая - непрерывную модель (непрерывная среда) [3 и др.]. Причем каждая сторона приводит в качестве решающего аргумента в защиту своей точки зрения именно результаты GPS-наблюдений.

Однако, еще задолго до внедрения ГНСС в практику геодинимических исследований было известно, что величины и направления регистрируемых смещений земной поверхности являются *интерференцией* силового воздействия различных по масштабу и времени эндогенных и экзогенных источников. Это фундаментальное свойство литосферы, связанное академиком М.А.Садовским с ее иерархично-блоковым строением, часто игнорируется при постановке наблюдений с использованием ГНСС, как, например, в [3]. В блоковой модели земной коры границы блоков - это разрывы, выделяемые в виде узких зон высоких градиентов скоростей СДЗК. Расстояние между пунктами наблюдений геодинимической сети обычно существенно больше, чем ширина этих зон, поэтому активность разрывов может в одних случаях (если пункт наблюдений близок к разлому) проявляться, а в других нет.

Это можно проиллюстрировать простым примером на рис.1, где показаны три тектонических блока: средний блок движется в северном направлении, передавая усилия на соседние блоки и смещая их в широтном направлении. Если мы разместим пункты GPS-наблюдений в центральном блоке по обе сторо-

ны от объекта контроля, то деформации на момент времени t^1-t^0 будут равны 0, т.к. длина базиса L_1 не изменится. А если же установим их в двух соседних тектонических блоках, которые сместились в широтном направлении на величину Δx , то деформация уже не будет равна нулю: $\varepsilon = (L_2 - L_3)/L_2 = \Delta x/L_2$.

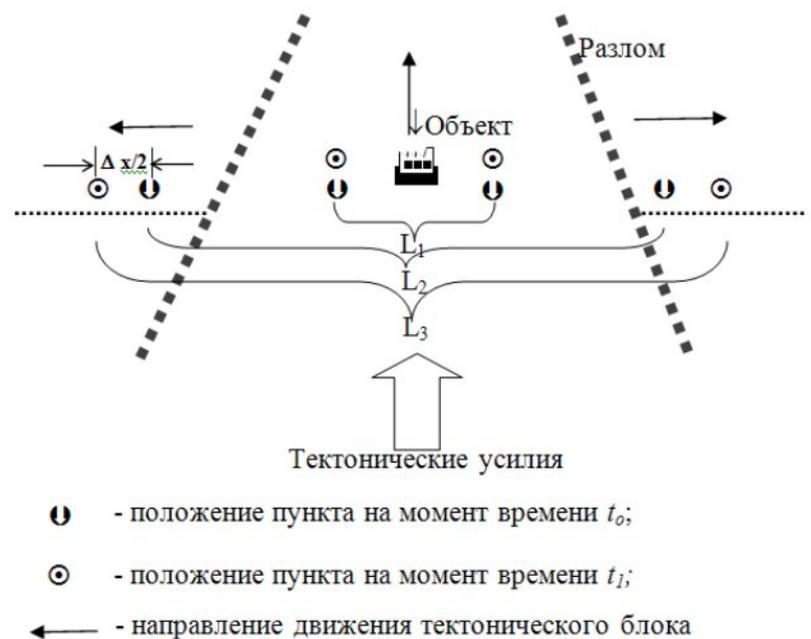


Рис.1. Иллюстрация пространственного масштабного эффекта при GPS-наблюдениях

Таким образом, наши выводы о скорости деформаций на какой-либо площадке оказываются зависимыми от масштаба (длины базиса) наблюдений. В реальной обстановке кинематика движений структурных блоков земной коры еще сложнее, когда на пространственный масштабный фактор накладывается также и временной (цикличность движений). В табл.1 приведены интервалы средних значений скоростей СДЗК и их производных для основных источников деформаций земной поверхности, а на рис.2 показаны границы максимальных значений вертикальных и горизонтальных скоростей СДЗК (\vec{v}_H^{\max} , $\vec{v}_{\text{гор}}^{\max}$) для слабоактивных и активных тектонических районов.

Интервалы скоростей смещений и деформаций земной поверхности

Причины деформаций	Радиус влияния, км	Максимальные скорости $\vec{v}_H / \vec{v}_{гор}$, мм/год	Средние значения $ \text{grad } v_H $, Δ , год ⁻¹ для территорий:	
			с радиусом R до 30 км	с радиусом R до 300 км
1. Вертикальные СДЗК: а) активные регионы б) платформы	50-400 и более	40/2-14	$2 \cdot 10^{-6} \div 8 \cdot 10^{-6}$ $\leq 4 \cdot 10^{-6} \div 1,5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-7} \div 10 \cdot 10^{-8}$ $\leq 0,5 \cdot 10^{-6} \div 7,5 \cdot 10^{-9}$
2. Горизонтальные СДЗК: а) активные регионы б) платформы	50-500 и более	70/5-12	$5 \cdot 10^{-6} \div 4 \cdot 10^{-4}$ $\leq 1,5 \cdot 10^{-6} \div 6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7} \div 2 \cdot 10^{-5}$ $\leq 1 \cdot 10^{-8} \div 5 \cdot 10^{-9}$
3. Оползни	0,03-4	10-200 и более	$> 2 \cdot 10^{-4} \div 50 \cdot 10^{-4}$	-
4. Оседания из-за откачки подземных вод	0,01-30	2-10 и более	$> 1 \cdot 10^{-7} \div 2 \cdot 10^{-6}$	-
5. Разработка полезных ископаемых	0,01-4	10-100 и более	$> 1 \cdot 10^{-3} \div 2 \cdot 10^{-5}$	-

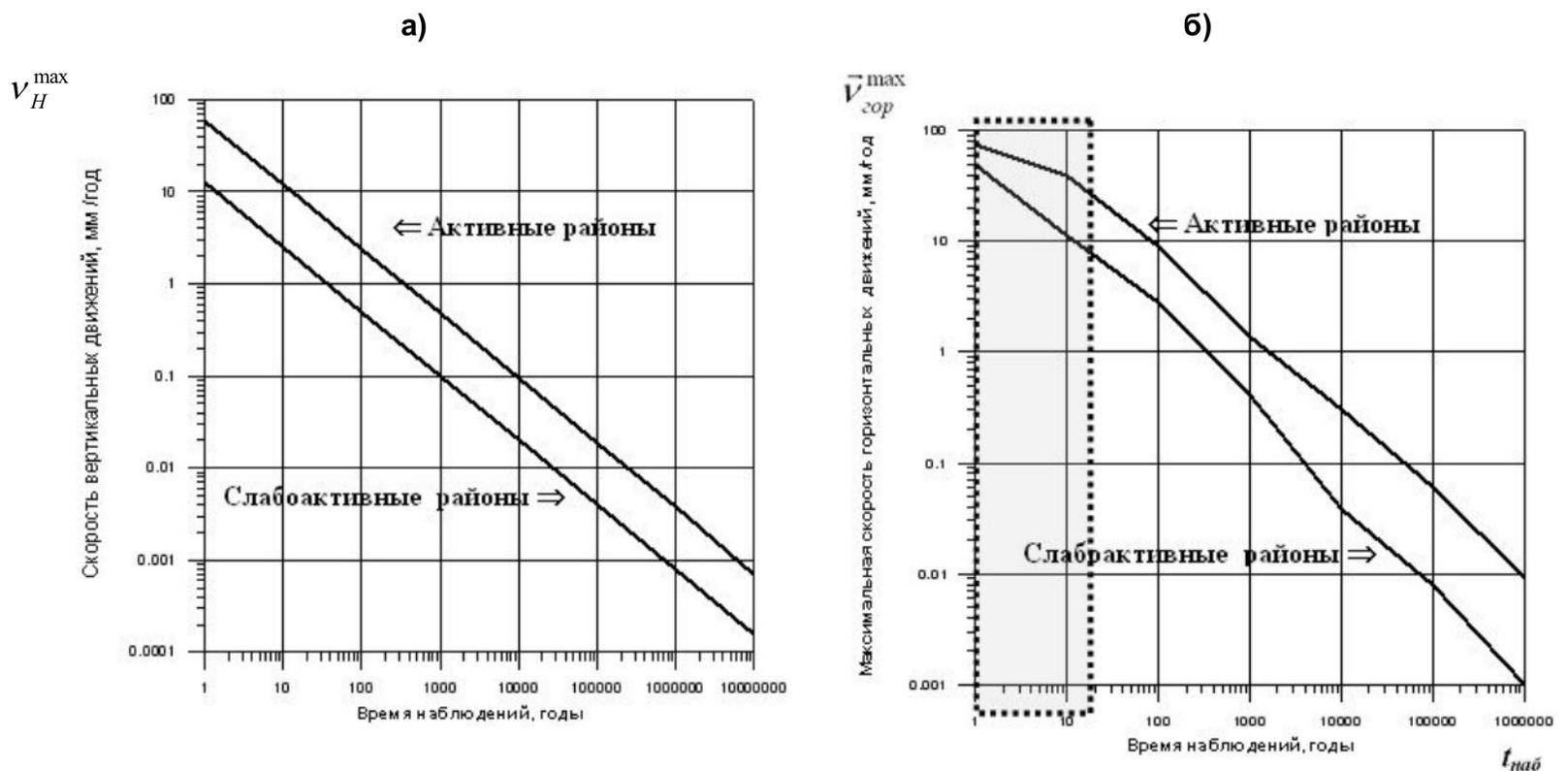


Рис. 2. Максимальные значения v_H (а) и $\vec{v}_{гор}$ (б) для различных времен наблюдений (пунктиром выделена область, соответствующая интервалу GPS-наблюдений)

Видно, что при уменьшении интервала наблюдений на порядок значения \vec{v}_H^{\max} увеличиваются приблизительно в 4 раза. Исходя из подобных достаточно простых соображений, учет пространственно-временного масштабного фактора при интерпретации данных GPS-наблюдений очевиден и необходим, а прогноз максимально возможных деформаций на площадках промышленных объектов со сроками эксплуатации до 100 лет (реакторы АЭС, хранилища ра-

диоактивных отходов, плотины гидроэлектростанций и т.д.) по данным GPS-наблюдений является более обоснованным, чем по геолого-геоморфологическим данным.

В основе обеспечения безопасности таких объектов лежит метод геодинамического районирования, разработанный в конце 70-х годов XX века во ВНИМИ (И.М.Петухов, И.М.Батугина и др.) для предупреждения горных ударов на подземных рудниках [4]. Позднее метод стал применяться не только для прогнози-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

рования горных ударов, но и при проектировании газо- и нефтепроводов, гидростанций и других объектов. При всех своих достоинствах метод имеет один существенный недостаток: достоверность моделей НДС, на основе которых принимается решение, существенно зависит от граничных условий, обоснование которых является достаточно сложной задачей. Для задания граничных условий можно воспользоваться результатами GPS-наблюдений, когда задаются не напряжения по границам структурных блоков, абсолютные величины которых практически невозможно установить, а скорости движений этих блоков, которые мы можем определить с точностью до 3-5 мм/год.

Такой подход к геодинамическому районированию можно назвать «*кинематическим*». Его основа - описание движения идеализированных тел без выявления причин их движения, с последующим переходом к напряжениям. В нашем случае такими телами являются тектонические структурные блоки различного иерархического уровня, а следствием – *образование полей напряжений на границах этих блоков и внутри них*.

Следующая важнейшая задача геодинамического районирования - выбор критериев оценки устойчивости породных массивов. В горной практике традиционно опасность их разрушения оценивается по критическим деформациям разрушения, величину которых для различных типов пород принимают равной

$3 \div 8 \cdot 10^{-3}$. Возникает вопрос, можно ли и как использовать результаты GPS-наблюдений для оценки устойчивости породных массивов и деформаций земной поверхности при проектировании отработки новых месторождений подземным способом и строительстве особо ответственных объектов?

Сложившееся представление об инвариантности деформаций не совсем верно, если при интерпретации за основу принимать блоковую модель среды. Это четко доказано авторами публикации [5], где по данным повторных геодезических измерений на локальных и глобальных уровнях была установлена закономерность уменьшения максимальных значений горизонтальных деформаций при увеличении расстояний между пунктами наблюдений от метров до тысяч километров.

На рис.3 показано полученное ими распределение модулей скоростей горизонтальных деформаций для различных расстояний между пунктами наблюдений. В пределах сделанных допущений и ограничений установлена зависимость $|\dot{\epsilon}|_{\max}$ от расстояний в следующем виде:

$$|\dot{\epsilon}|_{\max} [c^{-1}] \approx k \times 10^{-6} L^b [M], \quad (1)$$

где $k \approx 0,3 \div 3$, а $b \approx (-0,75) \div (-0,85)$.

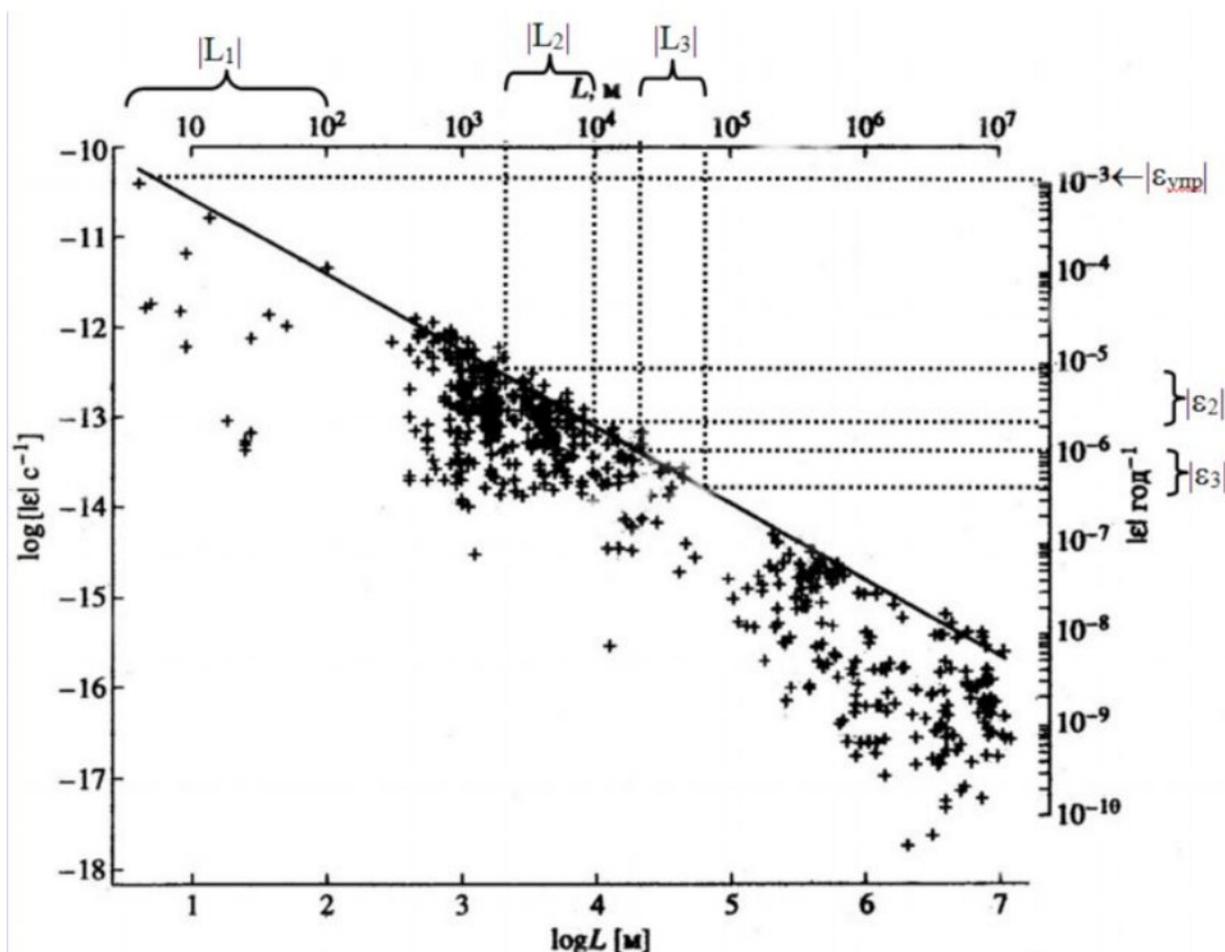


Рис.3. Распределение модулей скоростей горизонтальных деформаций в зависимости от расстояния между пунктами наблюдений [5]

Этот график можно использовать для оценки скоростей деформаций для территорий с различными площадями при геодинамическом районировании. Согласно нормативным документам, при выборе мест размещения особо ответственных промышленных объектов анализ устойчивости геологической среды должен проводиться в 3 этапа. Сначала исследуется район ($L_3=3 \cdot 10^4 \div 5 \cdot 10^4$ м), потом - площадка ($L_2=3 \cdot 10^3 \div 10^4$ м) и, наконец, приконтурная часть породного массива ($L_1=1 \div 100$ м). И на каждом этапе требуется оценивать степень опасности СДЗК и связанных с ними деформаций, полученных по данным наблюдений спутниковыми системами GPS/ГЛОНАСС, на устойчивость промышленного объекта.

В качестве критерия оценки опасности деформаций при геодинамическом районировании можно использовать следующие величины критических деформаций ε и их скоростей $\dot{\varepsilon}$ (рис.3):

- район $L_3=3 \cdot 10^4 \div 5 \cdot 10^4$ м, $|\varepsilon_3| = 10^{-6} \div 6 \cdot 10^{-7}$,
 $|\dot{\varepsilon}_3| = 3 \cdot 10^{-7} \div 10^{-6}$ год⁻¹;
- площадка $L_2=3 \cdot 10^3 \div 10^4$ м, $|\varepsilon_2| = 10^{-5} \div 8 \cdot 10^{-6}$,
 $|\dot{\varepsilon}_2| = 3 \cdot 10^{-6} \div 10^{-5}$ год⁻¹;
- приконтурная часть массива $L_1=1 \div 100$ м,
 $|\varepsilon_1| = 10^{-3} \div 6 \cdot 10^{-4}$, $|\dot{\varepsilon}_1| \geq 3 \div 4 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹.

Таким образом, при оценке устойчивости геологической среды по данным наблюдений спутниковыми навигационными системами GPS/ГЛОНАСС обя-

зательно должен учитываться масштабный пространственно-временной эффект, влияющий на величины скоростей деформаций земной коры. Скорректированные значения критериев оценки устойчивости геосреды позволяют задавать граничные условия при моделировании напряженно-деформированного состояния, которые более близки к реальным условиям, и проводить геодинамическое районирование рудных полей и площадок при выборе мест размещения особо ответственных промышленных объектов.

Литература

1. McCaffrey R. Block kinematics of the Pacific-North America plate boundary in the Southwestern United States from inversion of GPS, seismological, and geologic data // *Journal of Geophysical Research*. - 2005. - V. 110. - B07401. - doi:10.1029/2004JB003307.
2. Meade B. Present-day kinematics at the India-Asia collision zone // *Geology*. - 2007. - V. 35. - P. 81-84. - doi:10.1130/G22924A.1.
3. Flesch L.M., Haines A.J., Holt W.E. Dynamics of the India-Eurasia collision zone // *Journal of Geophysical Research*. - 2001. - V. 106. - P. 16435-16460.
4. Зубович А.В., Мухамедиев Ш.А. Метод наложенных триангуляций для вычисления градиента скорости горизонтальных движений: приложение к Центрально-азиатской GPS-сети / *Геодинамика и тектонофизика*. 2010. Т.1, №2. 169-185 с.
5. Батугина И.М., Петухов И.М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников. М., 1988. 166 с.
6. Гусева Т.В, Мишин А.В., Сквородкин Ю.П. Современные горизонтальные движения на разных масштабных уровнях. *Физика Земли*. 1996. №12, с. 86-91.

Виктор Николаевич Татаринов, д.т.н., гл.научн.сотрудник;
Татьяна Александровна Татаринова, ст.научн.сотрудник
Геофизический центр Российской академии наук (ГЦ РАН),
тел.(495)930-51-39



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»
Кафедра маркшейдерского дела

объявляют прием на 2012/2013 учебный год по направлению
130400 Горное дело специализация Маркшейдерское дело

Маркшейдерское дело – «искусство устанавливать границы». Его корни лежат глубоко в древности. Первый маркшейдер появился одновременно с началом освоения недр земли.

Маркшейдеры востребованы во всех видах промышленного и гражданского строительства и недропользования: строительстве метрополитенов, транспортных, гидротехнических и коммунальных тоннелей; поиске, разведке и разработке месторождений твердых и жидких полезных ископаемых; проектировании и строительстве горнодобывающих предприятий и ведении горных работ; проектировании промышленных и социальных объектов; природоохранных мероприятиях.

При поступлении на специальность Маркшейдерское дело в «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» необходимо пройти три вступительных испытания: русский язык, математика, физика.

Количество бюджетных мест для приема на первый курс в 2012 году по направлению подготовки 130400 Горное дело специализация «Маркшейдерское дело» - 40 чел.

Подготовка предусмотрена только по очной форме обучения, срок обучения 5 лет. На пятом курсе предусмотрена специализация по двум направлениям: "Маркшейдерское обслуживание горных предприятий" и "Лазерно-сканирующие технологии в маркшейдерском деле". Начало занятий – сентябрь 2012 г.

Заведующий кафедрой: Гусев Владимир Николаевич. Тел.(812)328-82-59
Информация о условиях приема размещена на сайте <http://www.spmi.ru/abiturient>,
http://www.spmi.ru/fopp/md#Podgotovka_spetsialistov_marksheyderov

А.П.Бульбашев, Г.П.Жуков, Г.А.Малоземов

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ КАК ОСНОВА МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Рассмотрен общий подход к составлению проектной документации на производство маркшейдерских работ при строительстве, эксплуатации и ликвидации (консервации) горных, нефтегазодобывающих, специализированных и других организаций, имеющих лицензии на производство маркшейдерских работ. Приведен пример разработки проекта производства маркшейдерских работ для Афанасьевского карьера филиала ОАО «Лафарж Цемент».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: маркшейдерские работы; проектная документация; проект производства маркшейдерских работ; технологический регламент.

Нормативными правовыми актами определены основные направления маркшейдерского обеспечения производства работ, реализуемые проектной документацией, утверждаемой в установленном порядке. Целью разработки проектной документации на производство маркшейдерских работ является выполнение требований нормативных правовых актов и повышение качества маркшейдерского обеспечения работ.

Проектная документация разрабатывается для реализации «Положения о лицензировании производства маркшейдерских работ», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 26.06.2006 г. №392, в части «проведения лицензиатом работ в соответствии с согласованной в установленном порядке проектной документацией на производство маркшейдерских работ». Разработку проектной документации выполняют специализированные организации или горные предприятия. В помощь разработчикам Управлением по надзору в горной, металлургической и нефтегазодобывающей промышленности Ростехнадзора совместно с Научным центром геомеханики и проблем горного производства Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета) имени Г.В.Плеханова (ныне Санкт-Петербургский национальный минерально-сырьевой университет «Горный») разработаны Рекомендации по подготовке проектной документации на производство маркшейдерских работ – новый документ «Проект производства маркшейдерских работ» [1]. Рекомендации формируют общий подход к составлению проектной документации на производство маркшейдерских работ при строительстве, эксплуатации и ликвидации (консервации) горных, нефтегазодобывающих, специализированных и других организаций, имеющих лицензии на производство маркшейдерских работ.

Под проектной документацией на производство маркшейдерских работ следует понимать документ регламентирующего характера, содержащий: описание состава (объемов) маркшейдерских работ по видам (направлениям), допустимые погрешности тех или иных измерений, методики выполнения этих работ с оценкой их точности, методы их контроля, сроки исполнения, состав отчетной документации в конкретных условиях недропользования.

Содержанием проекта отражаются оптимальные методы производства работ и измерений, исходя из необходимой точности получения результатов и

имеющихся человеческих ресурсов, средств измерений, вычислений, ГИС-технологий, помещений и др. для нормального технологического цикла работ, связанных с пользованием недрами, и прогнозирования опасных ситуаций.

Проектом может считаться: отдельный раздел в составе проектной документации на пользование участком недр (проекта организации строительства); локальный проект на отдельные виды (направления) маркшейдерских работ; комплексный проект на производство маркшейдерских работ (при наличии двух и более объектов недропользования); проект производства маркшейдерских работ на отдельном объекте недропользования.

В исключительных случаях, для месторождений общераспространенных полезных ископаемых и при строительстве подземных инженерных сооружений может подготавливаться типовая проектная документация, ограниченная по применению рабочими средами и обеспечением производства маркшейдерских работ.

Локальные проекты на производство маркшейдерских работ (обеспечение проходки выработок встреченными забоями; монтажа армировки ствола; профильная съемка проводников; наблюдения в рамках реализации мер охраны, включая проекты наблюдательных станций, маркшейдерско-геодезические наблюдения на геодинимических полигонах на территории горного отвода; маркшейдерско-геодезические наблюдения за резервуарами и др.) могут составляться отдельно. Технические требования к локальным проектам определяются в соответствующем разделе проекта.

Из приведенного следует, что:

1. Наименование документа «Проект производства маркшейдерских работ» не в полной мере отражает сущность проектной документации, более подходящим было бы название «Технологический регламент...» [2].

2. Технологические регламенты могут разрабатываться по видам маркшейдерских работ.

3. Годовые объемы и виды маркшейдерских работ, установленные нормативными требованиями по периодичности осуществления маркшейдерских работ (профилировка стволов, пополнение планов земной поверхности и др.), определенные проектом и связанные с развитием горных работ, отражаются в годовых планах развития горных работ (годовых программах работ) соответствующим разделом.

Годовой комплекс маркшейдерских работ, как

правило, предусматривает: капитальные маркшейдерские работы; основные маркшейдерские работы; текущие маркшейдерские работы.

Лаборатория маркшейдерских работ Научного центра геомеханики и проблем горного производства имеет богатый опыт разработки нормативных и методических документов, в том числе Проектов (технологических регламентов) по производству маркшейдерских работ. Только за последнее время разработаны технологические регламенты для ОАО «Юганскнефтегаз» и «Татнефть», «Ковдор» и «Регионснабсбыт» (г. Челябинск), «Кнауф Гипс Новомосковск» и «Апатит», а также ООО «Русьвьетпетро» и ОАО «СУЭК Красноярск» (разрезы «Березовский», «Бородинский», «Назаровский»). В 2011 г. разработан такой документ и для Афанасьевского карьера [3]. Все эти документы имеют экспертное заключение, согласованы с Ростехнадзором и утверждены руководителями соответствующих предприятий.

Проект производства маркшейдерских работ на Афанасьевском карьере филиала ОАО «Лафарж Цемент» (технологический регламент) разработан в соответствии с выданным Заказчиком техническим заданием, на основе изучения состояния и технологий ведения маркшейдерских работ на Афанасьевском карьере ОАО «Лафарж Цемент» и содержит 15 разделов:

1. Общие положения.
2. Организация и проектирование маркшейдерских работ.
3. Маркшейдерские опорные и съемочные сети на поверхности.
4. Съемочные работы на поверхности и в карьере.
5. Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ.
6. Маркшейдерское обеспечение отвальных работ на карьере и рекультивация нарушенных земель.
7. Маркшейдерское обеспечение строительства и эксплуатации технологического транспорта на карьере.
8. Маркшейдерский учет объемов горных работ на карьере.
9. Съемка складов готовой продукции.
10. Маркшейдерский учет движения запасов и нормирование потерь.
11. Маркшейдерское обеспечение горных работ в опасных зонах.
12. Маркшейдерское обеспечение составления планов развития горных работ.
13. Маркшейдерские работы при эксплуатации кранов, монтаже и ремонте шагающих экскаваторов.
14. Маркшейдерская документация.
15. Маркшейдерские работы при ликвидации (консервации) карьера «Афанасьевский».

Кроме того, в «Проект...» включены 22 приложения, которые содержат, в основном, методики выполнения маркшейдерских измерений, обработки информации, создания, ведения и хранения маркшейдерской горной графической документации в цифро-

вом формате, оценку точности выполненных съемок, маркшейдерский контроль по различным вопросам горного производства и т.д.

«Проект...» (технологический регламент) может быть пересмотрен в случае существенного изменения горно-геологических и горнотехнических условий ведения горных работ, а также при разработке новых нормативов точности и нормативных правовых документов. В этом случае к «Проекту...» должны быть разработаны и утверждены в установленном порядке соответствующие дополнения.

Разработанный «Проект...» рассматривался техническим советом Заказчика и прошел экспертизу в порядке, установленном Ростехнадзором России. После уточнения и исправления с учетом замечаний и предложений экспертов и технического совета ОАО «Лафарж Цемент» «Проект...» согласован Центральным управлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (письмо заместителя руководителя №01-20/1640 от 27.01.2012 г.) и утвержден руководителем организации Заказчика как руководящий документ.

На основе раздела 15 Проекта производства маркшейдерских работ на Афанасьевском карьере филиала ОАО «Лафарж Цемент» заключен новый договор на разработку «Проекта ликвидации и консервации горных выработок отработанной части горного отвала Афанасьевского карьера ОАО «Лафарж Цемент». Договором предусмотрено выполнение в 2012 г. следующих маркшейдерских работ.

На основе анализа (систематизации) существующих технических решений, проектной документации и натурных обследований ликвидируемых объектов составить проект геомеханического обоснования долгосрочной устойчивости бортов Афанасьевского карьера, откосов уступов и отвалов, в частности уточнить безопасные параметры предохранительных берм и барьерных целиков, оставляемых между заходками для предотвращения сползания вскрышных и отвальных пород в горные выработки.

Оценить остаточное экологическое воздействие погашенных и (или) консервируемых горных выработок на состояние недр, подземных вод и окружающей природной среды, в том числе:

- на основе анализа керна скважин ЭР 2004-2008 гг. составить паспорта отходов (эксплуатационных потерь ТПИ), паспорта агрохимических свойств грунтов, вскрышных и вмещающих пород на их соответствие СНиП 11-02-96 и ГОСТ 17.4.3.02-85;

- дать оценку принимаемых мер, направленных на минимизацию техногенного воздействия работ карьера на состояние недр, а также рекомендации по поддержанию питьевого режима подземных вод Подольско-Мячковского водоносного горизонта.

На основе мониторинга сейсмического и акустического воздействия массовых взрывов 2009-2012 гг. оценить уровень их влияния на охраняемые объекты поверхности (церковь Покрова, ж/д линия Воскресенск-Кашира, садоводческие товарищества и населенные пункты), а также дать рекомендации его про-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

лонгации в составе программы мер горно-экологического мониторинга, с отдельным согласованием раздела в ЦУ Ростехнадзора.

Разработать технико-экономическое обоснование ликвидации и консервации горных выработок, отработанной части карьерного поля, а также определить состав мероприятий при временной приостановке горных работ сроком до 9 месяцев, при ограничении или приостановлении права пользования недрами, предусмотренных частью 2 ст.20 и ст.23 Закона РФ «О недрах».

Оформить указанные разделы согласно требованиям Приказа Минприроды РФ от 25.06.2010 г. №218 и принять участие в согласовании проекта уточненного горного отвода Афанасьевского карьера в Центральном управлении Ростехнадзора России.

Литература

1. Рекомендации по подготовке проектной документации на производство маркшейдерских работ / Управление по надзору в горной, металлургической и нефтегазодобывающей промышленности Ростехнадзора, Научный центр геомеханики и проблем горного производства Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета) имени Г.В.Плеханова. //Смирнов С.П., Алексеев А.Б., Никифоров С.Э., Шадрин Е.М., Жуков Г.П., Иванов И.П. СПб.: 2009. -17 с.

2. Смирнов С.П., Жуков Г.П., Касаткин И.Б. О технологическом регламенте по производству маркшейдерских работ. /Маркшейдерский вестник, 2007, № 2. -С. 22-24.

3. Проект производства маркшейдерских работ на «Афанасьевском» карьере филиала ОАО «Лафарж Цемент» (технологический регламент). //Авт. Г.П.Жуков, С.П.Смирнов, А.Ф.Кулакова, М.С.Кон.// Согласован с Ростехнадзором России и утв. директором карьера. СПб., СПГГУ, 2011. – 120 с.

Александр Павлович Бульбашев, канд.техн.наук, директор Афанасьевского карьера ОАО «Лафарж Цемент»;
Григорий Петрович Жуков, канд.техн.наук, зав. лабораторией маркшейдерских работ Научного центра геомеханики и проблем горного производства Национального минерально-сырьевого университета «Горный»), тел.(812)321-30-30;
Григорий Авенарович Малоземов, инженер, главный маркшейдер Афанасьевского карьера ОАО «Лафарж Цемент»

В.И.Ляшенко

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ РУД УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ*

Изложены результаты разработки научных основ управления запасами руд урановых месторождений путем инженерного, приборного и геоинформационного обеспечения. Описаны принципы управления запасами руд урановых месторождений на основе создания автоматизированных баз данных с учетом постоянно изменяющегося качества руд, горно-геологических характеристик вмещающих пород и искусственного массива с использованием геоинформационной системы K-MINE. Даны основные научные и практические результаты выполненных исследований на примере урановых месторождений Украины, Российской Федерации, Казахстана, а также металлургической и горнорудной промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: урановые месторождения; управление запасами; потери и разубоживание руды; геоинформационная система K-MINE.

* Работа выполнена по материалам доклада на международной научно-практической конференции «Проблемы и пути усовершенствования экономического механизма предпринимательской деятельности», которая состоялась в г. Желтые Воды 19-20 марта 2009 г.



Постановка задачи. Эффективность освоения и охраны недр во многом зависит от показателей потерь и разубоживания руды. Это особенно актуально при разработке урановых месторождений, представленных рудными телами сложного строения, изменчивой формы при низком содержании полезных компонентов и их неравномерном распределении, отличающихся высокой себестоимостью добычи руды и металла в ней. Современные направления развития методов управления запасами базируются на широкомасштабном использовании вычислительной техники (персональных компьютеров (ПК)) и проведении эксперимента, обеспечивающего имитацию динамики

горных работ. Поэтому разработка научных основ управления запасами руд урановых месторождений путем надежного инженерного, приборного и геоинформационного обеспечения с использованием средств машинной графики, позволяющих детализировать контур рудного тела путем каротажа вееров взрывных скважин и занесения этих данных в ПК, определять, оптимизировать и контролировать потери и разубоживание руды - актуальная научная и практическая задача, имеющая большое народнохозяйственное значение [1-23].

Инженерное обеспечение. Управление извлечением запасов при разработке урановых месторождений является непростой инженерно-экономической задачей. Здесь требуется многовариантный подход к ее решению, что зачастую на практике не делается из-за недостаточной наработки и опробования мето-

дик и подходов. Разработка урановых месторождений Украины осуществляется системой подэтажных штреков (ортов) с заполнением выработанных пространств твердеющей закладочной смесью. Данная технология применяется при отработке крутопадающих рудных залежей с углом падения более 50° и мощностью от 3 до 15 м (рис.1) и более 15 м (рис.2). Руда и вмещающие породы – устойчивые, с коэффициентом крепости по Протодьяконову не менее 12. Параметры блока: высота – 60-70 м (обычные блоки) или 100-120 м (высокие блоки), длина – 20-100 м, ширина равна мощности рудного тела (при расположении камер по простиранию залежей) и 15-20 м (при расположении камер вкрест простирания залежей), высота подэтажа – 10-20 м. Выемочный запас блока отрабатывается в одну стадию. Отработка фланговая или от центра к флангам, линия забоя ступенчатая или близкая к вертикальной. Обустройство параллельными веерами скважин из подэтажных выработок. Выпуск отбитой руды из блока самотечный через рудовыпускные выработки, расположенные в нижней его части и далее посредством оборудования, например, вибропитателями или погрузочно-доставочными машинами через торец выработки (торцевой выпуск) на откаточный горизонт. Выработанное пространство камер заполняется твердеющей смесью различного состава и различной прочности.

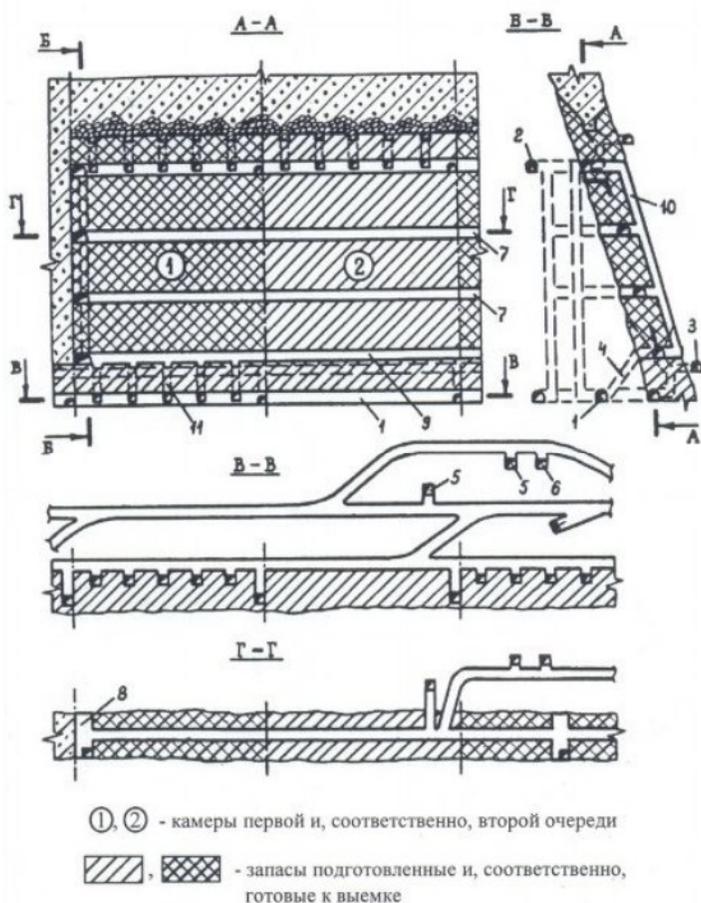


Рис.1. Система разработки подэтажными штреками с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью: горно-подготовительные выработки: 1,2 – соответственно, штрек откаточный и вентиляционный; 3 – коллектор; 4 – съезд; 5 – восстающий блоковый; 6 – рудоспуск; нарезные выработки: 7,9 – соответственно, штрек подэтажный и подсечной; 8 – заходка отрезная; 10 – восстающий отрезной; 11 – дучка

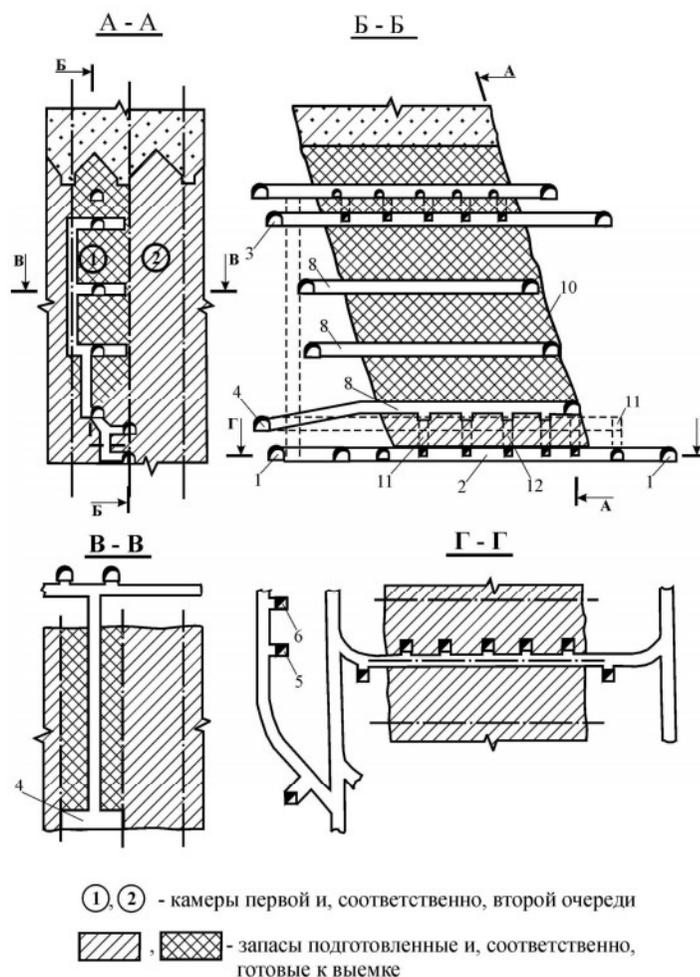


Рис. 2. Система разработки подэтажными ортами с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью: горно-подготовительные выработки: 1,3 – соответственно, штрек откаточный и вентиляционный; 2,5 – соответственно, квершлаг восстающий и боковые; 4 – коллектор; 6 – рудоспуск; нарезные выработки: 7,8 – соответственно, орт подсечной и подэтажный; 9 – заходка отрезная; 10 – восстающий отрезной; 11 – ходок вентиляционный; 12 – дучка

При отбойке рудного массива сложной морфологии с помощью буровзрывных работ может быть достигнут высокий уровень извлечения полезного ископаемого из недр, но при этом возрастает разубоживание. Низкое разубоживание предполагает в этих условиях значительное увеличение потерь. Нормирование потерь и разубоживания руды в камере обеспечивается установлением оптимального контура отбойки руды.

Методика и техника исследований. Для решения поставленной задачи анализировались данные по эксплуатационным блокам и горным выработкам, в которых определялись полнота и качество выемки запасов из недр по отдельным источникам их образования по плоскостям вееров взрывных скважин, на которых определялись контуры рудного тела, границы отбойки руды, потери неотбитых руд и прирезка разубоживающих пород (рис.3). Результат потерь и разубоживания по блоку получается как средневзвешенное значение по каждой плоскости вееров взрывных скважин. Технологические исследования дополнялись натурными наблюдениями и измерениями, уточняющими фактически зоны выработанного пространства.

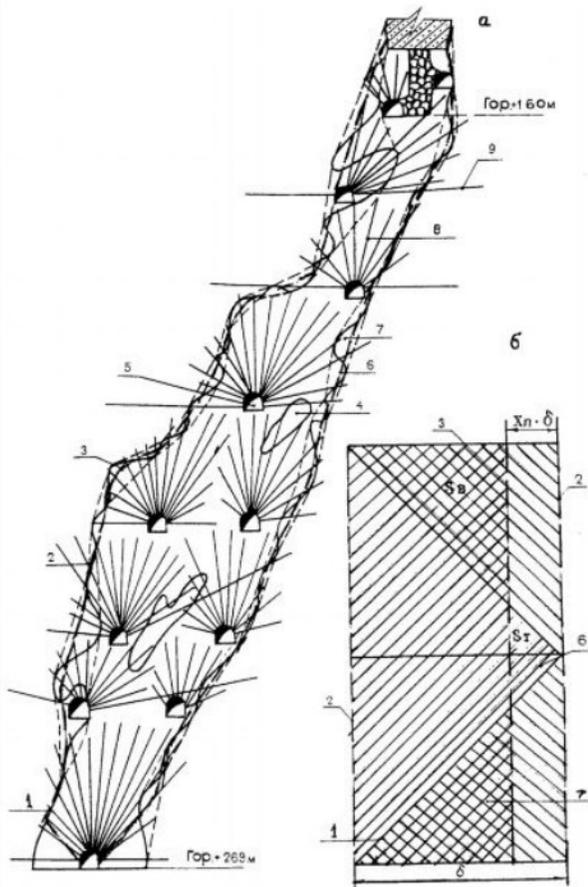


Рис. 3. Геологический разрез по веерам разведочных и взрывных скважин эксплуатационного блока:

а - разрез; б - элементарные ячейки приконтурной зоны (схема): 1 - геологический контур балансовой руды; 2 - границы приконтурной зоны; 3 - нормативный контур отбойки руды; 4 - включения пород и забалансовых руд; 5 - подэтажная выработка; 6 - потери руды; 7 - прирезка разубоживающих пород; 8, 9 - соответственно взрывные и разведочные скважины; δ - ширина приконтурной зоны, м; St, Sv - соответственно площади потерянной, неотбитой руды и разубоживающих пород, вовлекаемых в горную массу, м

На геологических разрезах выделены контур рудного тела и приконтурная зона (рис.4). Внешняя ее граница соответствует контуру отбойки, исключая потери $P=0$ при максимальном разубоживании $P=max$, а внутренняя - соответствует контуру отбойки, при котором, наоборот, $P=max$ и $R=0$.

Измеряли: протяженность рудного тела по падению (H), м; площадь балансовой руды (S_b) по геологическому контуру, m^2 ; площадь приконтурной зоны S_{Δ} , m^2 ; ширину приконтурной зоны (δ_i), м в каждом сечении; содержание полезного компонента в недрах (C), в теряемой руде (C_m), в разубоживающих породах (B) и в отбиваемой руде приконтурных зон ($C_{пр}$) в долях единиц. Оптимальный контур выемки определяли технико-экономическим расчетом на основе общепринятого экономического критерия - максимальной прибыли на 1 т погашаемых балансовых запасов или минимального суммарного ущерба (экономические последствия), наносимого одной тонной потерянной руды U_n и примешанных разубоживающих пород U_p , когда цены установлены, например, на уровне замыкающих затрат согласно выражения:

$$\alpha_m U_n + \alpha_e U_p \rightarrow \min, \quad (1)$$

где α_m , α_e - части площадей приконтурной зоны теряемой руды и, соответственно, разубоживающих пород, доли ед.

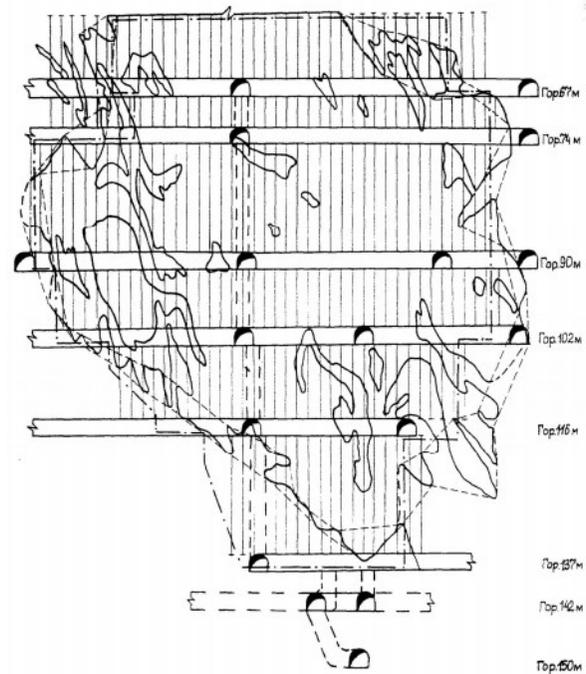


Рис. 4. Геологический поперечный разрез по 80-й оси разведочных и взрывных скважин эксплуатационного блока 11-6 «подэтажные орты»

Сущность экономических последствий заключается в недополученной прибыли от потерянной руды и от уменьшения количества полезного компонента в готовой продукции, вследствие потери качества в добытой рудной массе за счет примешивания к ней пустых пород, бедных и забалансовых руд.

Численные значения U_n и U_p определяются с учетом затрат на амортизацию горного комплекса и, соответственно, на "погашение горно-подготовительных работ", установленной цены единицы металла в готовой продукции (предельно-допустимая и отпускная), полных затрат на добычу, транспортировку и переработку руды, себестоимости единицы металла в готовой продукции, извлечения полезного компонента в готовую продукцию при переработке, соответственно, теряемой неотбиваемой руды, добытой горнорудной массы и разубоживающих пород, недополученной прибыли от потерь полезного компонента в неотбитой руде от уменьшения полезного компонента в готовой продукции вследствие добычи и переработки разубоживающих пород, стоимости полезного компонента в отпускных ценах, извлеченного в готовую продукцию из 1 т разубоживающих пород [16,20].

Исследования показали, что минимум функции (1) достигается, когда плотности руд (γ_p) и пород (γ_n) примерно одинаковы:

$$\alpha_m = 0,5 \gamma_p^2 (\gamma_n + \gamma_p)^{-2}; \quad (2)$$

$$\alpha_e = 0,5 \gamma_n^2 (\gamma_n + \gamma_p)^{-2}. \quad (3)$$

Расстояние от внешней границы приконтурной зоны до нормативного контура отбойки руды l_n определяется по формуле:

$$l_n = X_n \cdot \delta. \quad (4)$$

Величины α_m и α_e , в зависимости от установленных значений X_n , приведены на рис.5.

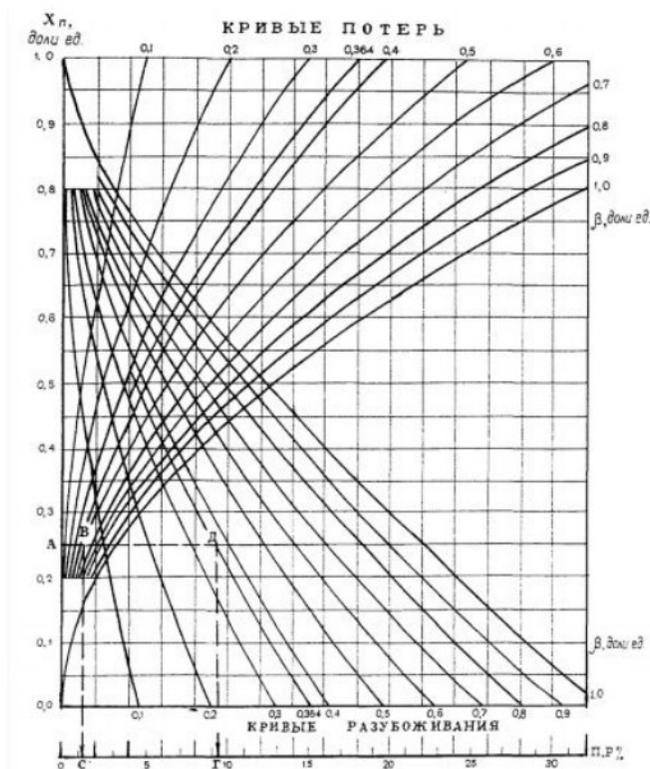


Рис. 5. Номограмма для определения потерь и разубоживания при отбойке руды: расчетные технико-экономические показатели:

$X_{п} = 0,27$; $\alpha_{т} = 0,038$; $\alpha_{в} = 0,264$; ключ: А - В - С - потери; А - D - Г - разубоживание (другие обозначения в тексте)

Для расчетов нормативных значений потерь неотбитых руд $P_{н1}$ и разубоживания $P_{о1}$ используются параметры α_m и α_e , а также показатель сложности приконтурной зоны β , равный отношению площадей $\beta = S_{\Delta} S_{\delta}^{-1}$:

$$P_{н1} = \alpha_m \beta 100; \quad (5)$$

при $\alpha_e > \alpha_m$

$$P_{о1} = \alpha_e \beta 100 [1 + \beta(\alpha_e - \alpha_m)]^1, \quad (6)$$

при $\alpha_m > \alpha_e$

$$P_{о1} = \alpha_e \beta 100 [1 - \beta(\alpha_m - \alpha_e)]^1. \quad (7)$$

Величины $P_{н1}$ и $P_{о1}$, в зависимости от установленных значений $X_{п}$ и β , можно определить по разработанной автором номограмме (рис.6).

Количество рудной массы, подлежащей сортировке на РКС (Дс), потери балансовой руды (Пс) и полезного компонента в ней, в зависимости от соотношений β , определяются на основании фактических данных горного предприятия с учетом изменений содержания полезного компонента в балансовой и забалансовой рудах и породах, снижения контрастности рудной массы в результате перемешивания ее при выпуске, погрузке и перепусках. Доля горнорудной массы, отсортированной на РКС, достигает 8,5%, при этом потери руды и полезного компонента в ней – до 0,7% (рис.7).

Норматив разубоживания руды после РКС определяется по формуле:

$$P = (P_{рм} - Дс) / (1 - 0,01Дс). \quad (8)$$

Транспортные потери (Пт) принимаются по опытным данным в размере 0,1%.

Норматив потерь руды (П) и металла (Пм) определяется по формулам:

$$П = П_{н} + П_{о}; \quad (9)$$

$$П_{м} = П_{Ксн}. \quad (10)$$

Общие нормативы потерь и разубоживания ру-

ды по горному предприятию определяется методом среднего арифметического.

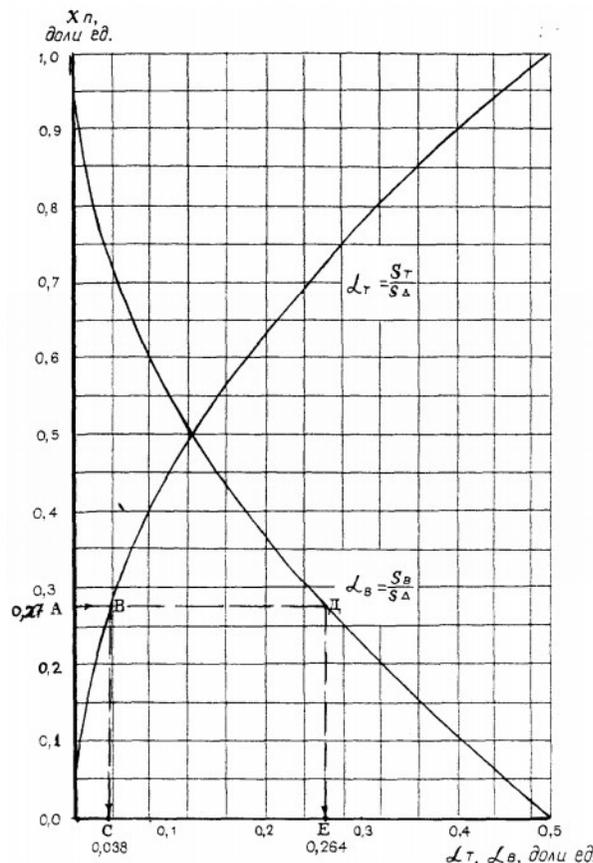


Рис. 6. Графики для определения доли площадей потерь и разубоживания при отбойке руды в приконтурной зоне: ST, SB – соответственно, площади потерянных руд и разубоживающих пород в приконтурной зоне, м²; ключ: А - В - С - доля потерь руды; А - D - E - доля разубоживания

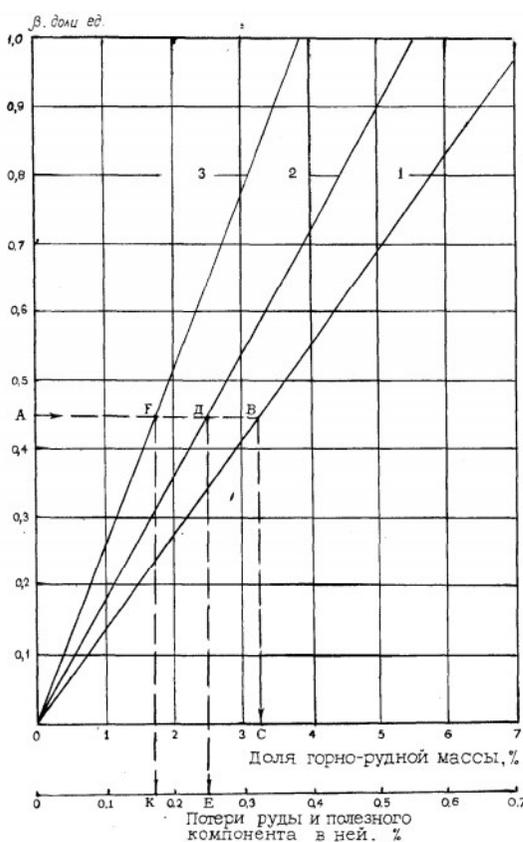


Рис.7. Графики для определения величин отсортировки на РКС горнорудной массы (1), потерь руды (2) и полезного компонента в ней (3): β - показатель сложности рудного контура в приконтурной зоне, равный отношению площадей приконтурной зоны к рудной; ключ: А-В-С - доля горнорудной массы; А-Д-Е и А-Ф-К- потери руды и полезного компонента в ней соответственно (другие обозначения в тексте)

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Методика и техника внедрения. Взаимосвязь средних мощностей с показателями K_c и β положена в основу нормирования потерь и разубоживания руды по их видам, источникам и стадиям, полученным на основе данных отработанных блоков конкретных урановых месторождений. Учитывая ограниченность информации, характеризующей рудные тела, а также в целях сокращения затрат инженерного труда, трудоемкости расчетов и их оперативности, в качестве примера результаты нормируемых показателей для

уранового месторождения с учетом $\alpha_m=0,038$, $\alpha_e=0,264$, $X_n=0,27$ приведены в табл.1. Средние нормативы потерь и разубоживания по блокам для двух типов залежей приведены в табл. 2. Нормативные показатели потерь руды и полезного компонента и ее разубоживания для исследуемого уранового месторождения определены, исходя из типа рудной залежи, высоты блока, средней мощности и показателя сложности приконтурной зоны (рис.8, табл.3).

Таблица 1

Нормативы разубоживания при отбойке руды по системе разработки подэтажные штреки с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью

Мощность рудных тел, м	Показатель сложности приконтурной зоны, ед.	Разубоживание, %				
		При отбойке	Самообрушение при выпуске	До РКС	Отсортировка на РКС	После РКС
3-4	2	43,8	2,0	44,9	8,5	39,8
	1,5	38,6	2,2	40,0	8,0	34,8
	1	32,5	2,4	34,1	7,5	28,8
4-6	0,9	31,6	2,6	33,4	7,0	28,4
	0,85	31,4	2,8	33,3	6,6	28,6
	0,8	31,1	3,0	33,2	6,2	28,7
	0,75	30,9	3,2	33,1	5,8	29,0
6-8	0,7	30,5	3,4	32,8	5,4	29,0
	0,65	30,3	3,6	32,8	5,0	29,3
	0,6	30,0	3,8	32,7	4,6	29,4
	0,55	29,7	4,0	32,5	4,2	29,6
8-11	0,5	29,4	4,2	32,4	3,9	29,6
	0,45	29,1	4,4	32,2	3,5	29,8
	0,4	28,7	4,6	32,0	3,1	29,9
	0,35	28,5	4,8	31,9	2,7	30,0
	0,3	28,4	5,0	32,0	2,3	30,4
11-15	0,25	27,9	5,2	31,6	2,0	30,2
	0,2	27,5	5,4	31,4	1,6	30,4
	0,15	27,2	5,6	31,3	1,2	30,4
	0,1	26,9	5,8	31,2	0,8	30,6

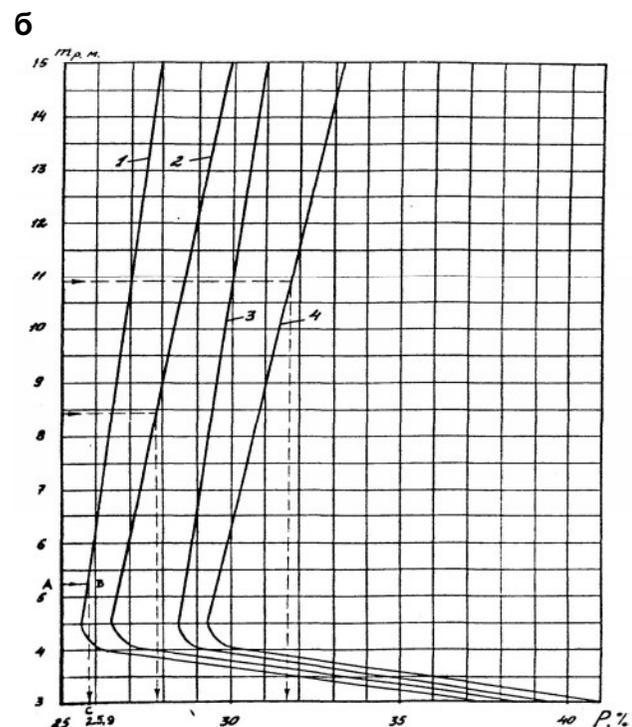
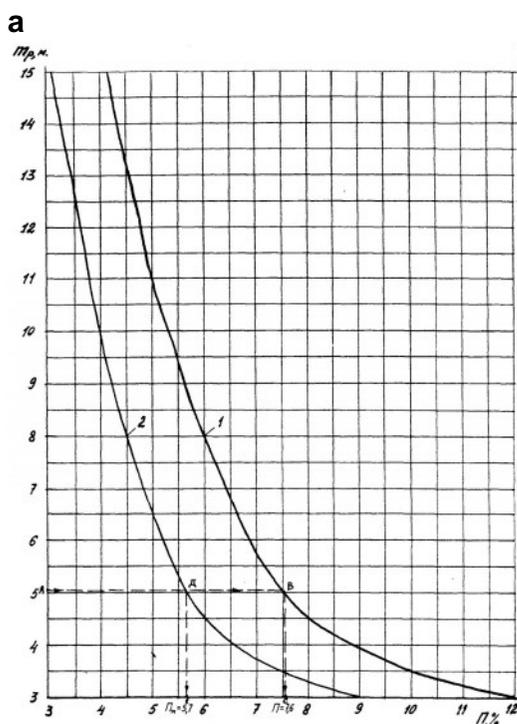


Рис.8. Номограмма для определения нормативов потерь (а) и разубоживания руды (б) по системе "подэтажные штреки" 1, 2 - для залежей типа I, IV и 3, 4 - для залежей V, VII соответственно; 1, 3 - обычные блоки; 2, 4 - высокие блоки, (другие обозначения в тексте)

Таблица 2
Нормативы потерь и разубоживания руды

Параметры	Типы рудных залежей	
	I	II
Контакт руда-порода ("оторочка")	Плавный	Контрастный
Коэффициента сложности контура рудного тела β , доли ед.	0,29	0,32
Распределение полезного компонента	Равномерное	Неравномерное
Средняя мощность рудных тел m_p , м	10,8	8,4
Угол падения рудных тел, градус	73	71
Протяженность рудных тел в границах эксплуатационных блоков, м:		
по падению;	60-120	60-120
по простиранию	50-80	50-80
Коэффициент крепости по шкале М.М.Протоdjeяконова:		
руды и породы	13-17	13-17
Устойчивость руды:	Устойчивые, контролируются разломами	Устойчивые разбиваются по зонам трещиноватости
Вмещающие породы	Устойчивые	Трещиноватые
Коэффициент структурного ослабления массива, доли ед.	0,35	0,38
Средние значения, %		
потери;	3,8	4,2
разубоживание	29	32

Приборное обеспечение. Для оперативного решения поставленных задач предлагаем использовать ПК и радиометр-дозиметры типа ДКС – 96К (рис.9,а), геофизические приборы ПАКС-4, ОХРА-1М (рис.9,б) и др. с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) и соответствующее программное обеспечение.



а



б

Рис.9. Дозиметр-радиометр ДКС-96(а) и прибор радиометрический ОХРА-1М(б) (общий вид)

Таблица 3

Показатели потерь и разубоживания руды

Геологический разрез	Исходные данные					Расчетные показатели, доли ед.					
	Площади, м ²			Содержание полезного компонента, доли ед.		Геологического разреза		Два и более геологических разреза			
	балансовой руды, S_{pi}	приконтурной зоны, S_{ci}	отбойки руды, S_{oi}	в балансовой руде, C_{spi}	в разубоживающих породах, V_{spi}	потери неотбитой руды в приконтурной зоне, P_{ni}	разубоживание при отбойке руды, P_{oi}	разубоживание при отбойке руды, P_{on}^n	разубоживание руды до РКС, P_{pm}^n	разубоживание руды до РКС, P_{cp}^n	Содержание полезного компонента в добытой горнорудной массе, пост-й на РКС, α_{cp}^n
1	1272	372	1736	+	+	0,011	0,275	-	0,312	0,29	+
2	1288	392	1688	+	+	0,015	0,246	0,260	0,298	0,276	+
и так далее											
30	1448	396	1768	+	+	+	0,190	0,237	0,275	0,253	+

Примечание: Исходные данные и результаты вычислений в отмеченных графах знаком «+» не приводятся.

Результаты численного моделирования. Задача снижения потерь и разубоживания руды по каждому геологическому разрезу и блоку в целом сводится к точной отбойке руды по нормативному контуру, оптимально установленному в приконтурной зоне, так как эти показатели имеют преобладающее значение и составляют 60-70% от общих показателей. Отбойка руды по нормативному контуру обеспечивается забойкой инертными материалами интервалов скважин, выходящих за оптимизированный нормативный контур отбойки руды, контролируется комплексом буровзрывных работ, а при наличии маркшейдерских прибо-

ров - инструментальной съемкой границ очистных камер.

Прибор радиометрический ОХРА-1М предназначен для определения содержания естественных радиоактивных веществ при геологической разведке в горнорудной промышленности, определения загрязнения местности посредством измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения от 0 до 100000 мкР/час и применяется для гамма-каротажа шпуров (блок БДЛГ-Ш), скважин глубиной до 25 м (блоки БДЛГ-К-1, БДЛГ-К-06Д), скважин глубиной до 100 м (блок БДЛГ-К-1Д) и гамма-опробования горных выработок (блок направленного приема БДЛГ-Н-03Д).

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Обеспечивает автоматическую запись служебной информации и данных измерений в энергонезависимую „Flash”-память объемом 32 Кб регистратора РПГ-05 и вывод записанной информации на ЭВМ типа IBM PC по интерфейсу RS-232. Выбор и ввод служебной информации в диалоговом режиме осуществляют при помощи 16 функциональных кнопок. Отградуирован по радионуклиду радий-226 экспозиционной дозы в диапазоне 0-100000 мкР/час без разбивки на поддиапазоны. Обеспечен автоматический контроль источников питания (табл.4). Разработчик и изготовитель прибора - научно-производственный комплекс «Автоматика и машиностроение (г.Желтые Воды, Украина).

Таблица 4

Технические характеристики ОХРА-1М

Наименование показателей	Значение
Время экспозиции (устанавливается), с	от 1 до 10 (с дискретностью 1 с)
Основная относительная погрешность, %, не более	10
Питание прибора	4 элемента типа «373» (R20)
Сила потребляемого тока, мА, не более	100
Нестабильность показаний за 8 часов непрерывной работы, %, не более	3
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до 50

Определение содержания урана в рудах на стадиях геологической разведки путем гамма-каротажа шпуров, скважин и гамма-опробования горных выработок, занесение этих данных в компьютер обеспечивается прибором радиометрическим ОХРА-1М. Радиометрический прибор используется геолого-маркшейдерской службой горных предприятий на урановых месторождениях Украины, Российской Федерации и Казахстана.

Повышение достоверности расчетов, упрощение их, обеспечение выбора оптимальных систем разработки, улучшение горнотехнического контроля, выявление сверхнормативных потерь и разубоживания руды производится в последовательности, приведенной ниже.

1. Расчет ущербов от потерь и разубоживания руды по достоверным технико-экономическим показателям добычи руды и значения оптимальной неотбиваемой части ширины приконтурной зоны - Y_n , Y_p , X_n .

2. Картаж вееров скважин с интервалом 10 см радиометром-дозиметром ДКС-96К, ПАКС-4, ОХРА-1М и др.

3. Занесение данных ОЗУ в ПК.

4. Построение достоверного рудного контура в сечениях блока по данным детального каротажа вееров скважин.

5. Подсчет средних содержаний полезного компонента и запасов руды.

6. Установление приконтурной зоны по каждому сечению блока.

7. Построение оптимизированного нормативного контура отбойки руды.

8. Составление диспозиций взрывов по каждому сечению блока с учетом оптимизированного нормативного контура отбойки и пространственной увязкой между смежными сечениями (геологическими разрезами и веерами взрывных скважин).

9. Расчет интервалов участков скважин, выходящих за нормативный контур отбойки, и выполнение запыжовки инертным материалом специальной бригадой под контролем геологов.

10. Расчет интервалов зарядки скважин взрывчатыми веществами необходимого объема и веса по каждому вееру взрывных скважин.

11. Составление сводных показателей отработки блока: уточненные запасы руды, объем и масса добытой руды, среднее содержание полезного компонента в добытой руде, объем и вес необходимых ВВ, показатели потерь и разубоживания руды и др.

Обоснование параметров добычи и переработки руды привело к необходимости оптимизации процессов планирования горных работ. Эти подходы были реализованы в разработанной научно-производственным предприятием «Кривбассакадеминвест» (рис.10) ГИС К-MINE (лицензии Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины (серия АВ №119122 от 14.07.2006 г.), Государственной геологической службы Украины (серия АВ №047455 от 31.03.2006 г.) и Государственной службы геодезии, картографии и кадастра (серия АВ №388313 от 13.05.2008 г.). Как и большинство подобных систем, ГИС К-MINE имеет модульную структуру. Важным фактором, который делает систему удобной для пользования, является ее адаптированность к существующему законодательству, стандартам, ГОСТам, ТУ и т.п. При разработке элементов системы разработчики руководствовались положениями, методиками и документами, утвержденными государственными контролирующими органами.

Основным преимуществом этой системы является то, что она содержит большой комплекс программных модулей, позволяющий решать широкий спектр задач: от подготовки данных для создания цифровых моделей до решения технологических и оптимизационных задач с выпуском отчетной документации. При этом все программные модули работают под единой программной оболочкой, с единым форматом данных, имеют типизированный пользовательский интерфейс, который делает систему удобной в использовании и простой для усвоения. Постоянное изменение горно-геологических, горнотехнических, технологических и экономических условий добычи урановой руды, включая потери и разубоживание, связанное с понижением горных работ, требует периодической корректировки нормативных показателей [21]. Автор предлагает использовать в составе К-MINE персональные компьютеры, соответствующее приборное и программное обеспечение (рис.11).

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

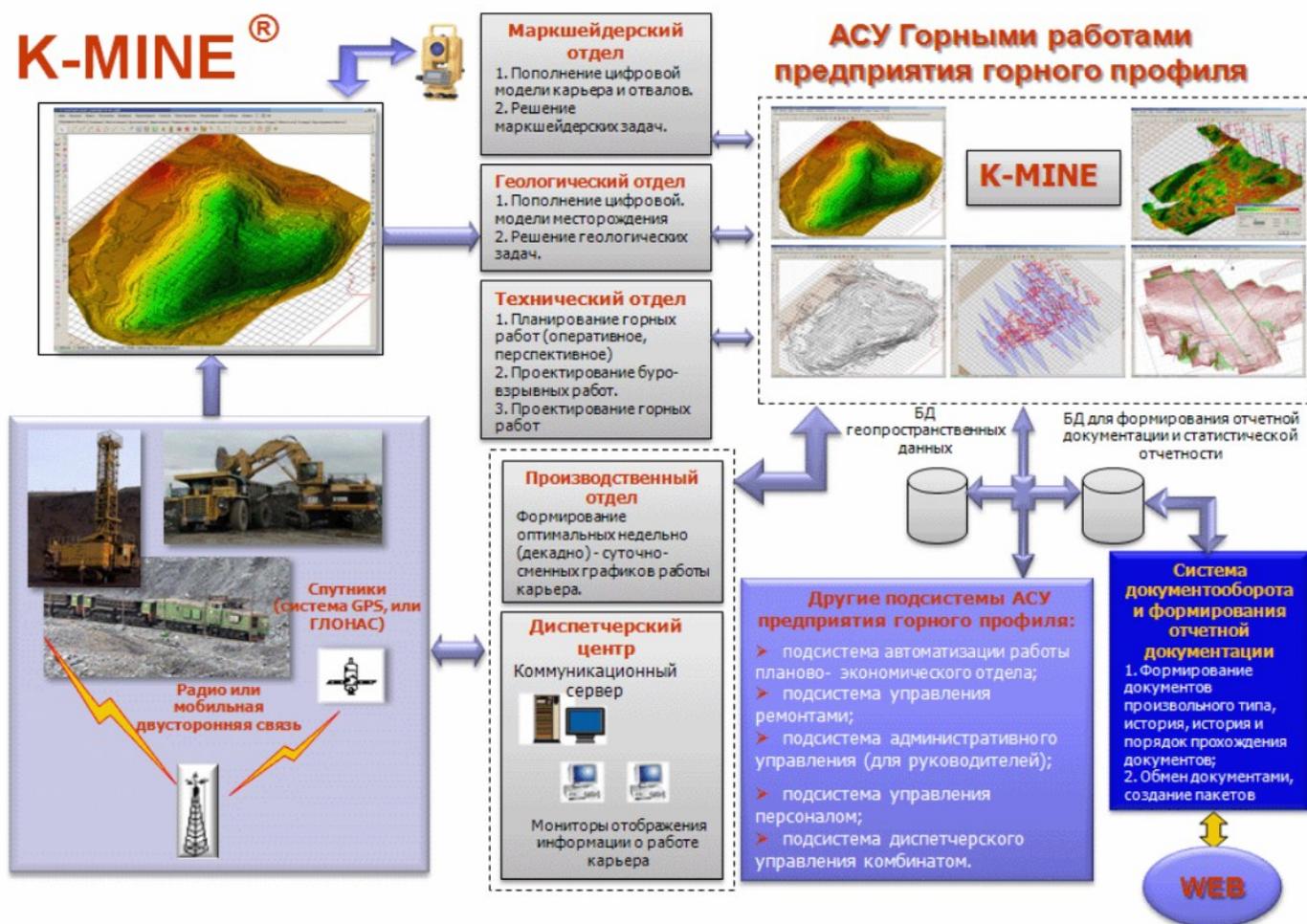


Рис.10. Автоматизированная система информационного обеспечения горного производства (на примере карьера): БД-база данных; АСУ - автоматизированная система управления

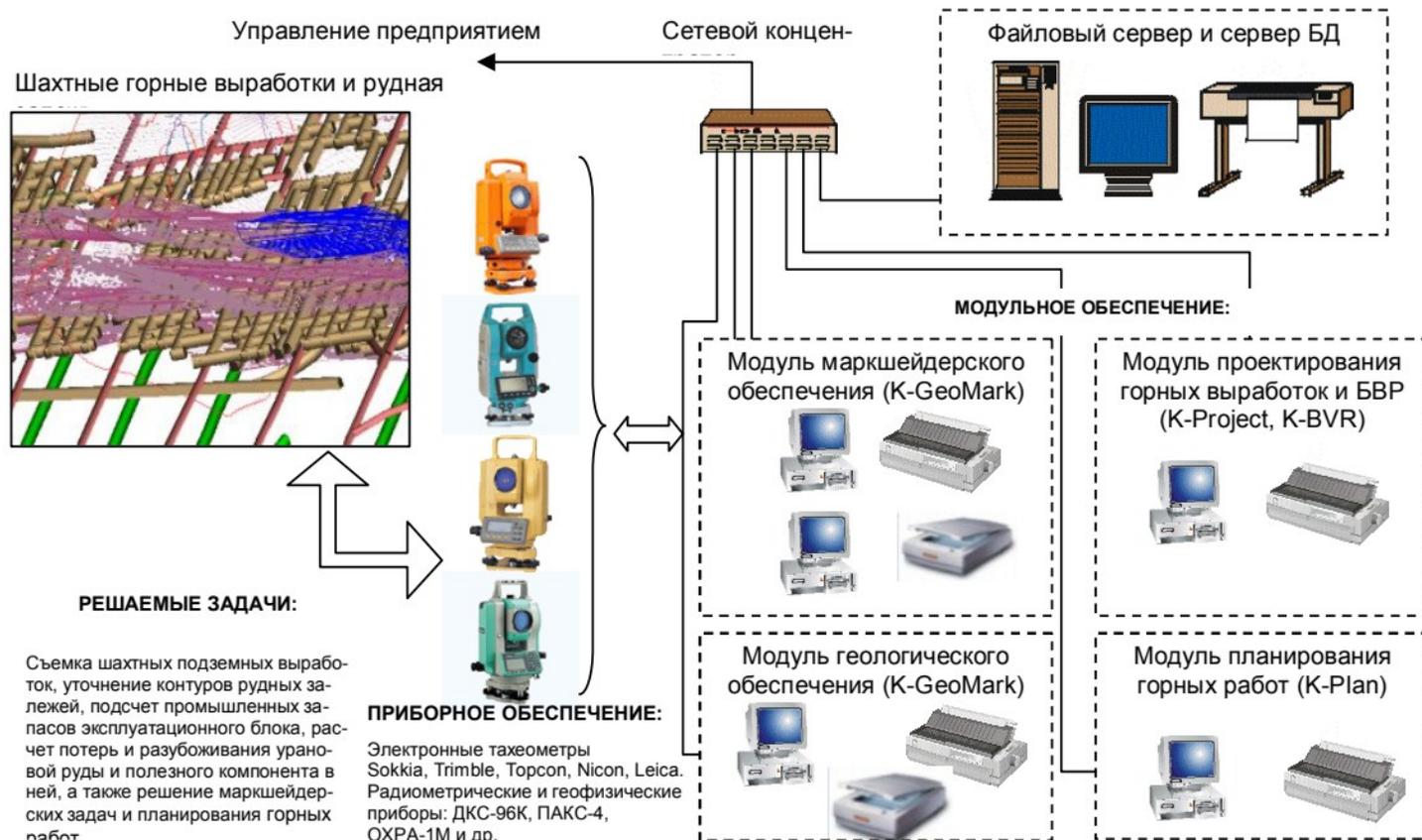


Рис. 11. Структурная схема геоинформационной системы K-MINE: БД – база данных; БВП – буровзрывные работы

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Автоматизированная система управления горными работами ГИС K-MINE (ГИС ГР). Основой ее работы является цифровая трехмерная модель месторождения, территории, генплана и др. Для хранения цифровой модели используется информация в виде базы данных и совокупности графических файлов. В ее состав входят модули: администрирования; геолого-маркшейдерского обеспечения; планирования и проектирования горных работ; проектирования и ведения буровзрывных работ; недельно-суточное планирования; оперативного диспетчерского управления.

Данная система является открытой и может взаимодействовать с другими автоматизированными системами горного предприятия, включая и подсистемы экономического, финансового планирования, управления ремонтами оборудования, диспетчерского управления комбинатом и т.д. Результаты работы контролируются специалистами высшего менеджмента, для чего в ней реализованы автоматизированные рабочие места руководителей. Доступ к графической и табличной информации может выполняться также с использованием WEB-интерфейса.

Использование ГИС K-MINE приводит к росту экономических и качественных показателей путем многовариантного планирования горных работ, решения оптимизационных задач, повышения точности расчетов, упрощения процедуры подготовки документов для контролирующих органов, повышения уровня безопасности, культуры производства, точности и достоверности информационных данных и, в конечном результате, к повышению прибыли, что весьма актуально в условиях рыночной экономики.

Применение ГИС K-MINE дает возможность осуществлять:

- многовариантное планирование, проектирование и оптимизацию горных работ;
- оперативно корректировать изменение состояния горного массива, горно-геологических, технических и технологических факторов ведения горных работ;
- оперативный и перспективный подсчет и пересчет запасов, контроль их движения;
- расчет данных и разработку графического материала для представления их в ГКЗ с целью утверждения кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых, их утверждения, пересчета, списания, а также выполнения геолого-экономической оценки запасов всего месторождения или его отдельных участков.

Основные положения автоматизированных комплексных и ресурсосберегающих технологий управления запасами урановых руд и горными работами предприятий на основе ГИС K-MINE докладывались и получили одобрение на 2-м российско-украинском семинаре по развитию сырьевой базы урана и тория Украины, Российской Федерации и других стран СНГ, который проходил в г.Евпатория, АР Крым, 2007 г., с участием специалистов Всероссийского института минерального сырья (г.Москва) [20, 22] и на Международной научно-практической конференции «Проблемы

и пути усовершенствования экономического механизма предпринимательской деятельности», которая состоялась в г.Желтые Воды 19-20 марта 2009 г. Перспективы использования ГИС K-MINE в различных сферах деятельности обсуждены и получили одобрение на 1-м научно-практическом семинаре 17-21 мая 2010 г. в АР Крым [23].

ВЫВОДЫ

1. Управление извлечением запасов и достижение нормативов обеспечивается геологической, маркшейдерской и технологической службам горных предприятий путем качественной опережающей разведки (разбуривание промежуточных вееров разведочных скважин производить через 25 м, контрольных скважин – через 5...6 м и взрывных скважин – через 1,2...1,5 м) и построения рудных контуров с использованием данных дозиметр – радиометров типа ДКС-96, ПАКС-4, ОХРА-1М и др. с оперативным заполняющим устройством и занесением этих данных в компьютер.

2. Точность построения нормативного контура отбойки при его проектировании достигается за счет использования ЭВМ, рационального разбуривания вееров взрывных скважин, составления диспозиций взрывов, обязательной забойки концов взрывных скважин, выходящих за нормативный контур отбойки, инертным материалом, стимулирования горных рабочих и инженерно-технических работников к повышению качества добытой руды и охраны недр, нормирования показателей не по руде, а по содержанию полезного компонента в ней. В приконтурной зоне камеры коэффициенты разубоживания руды достигают 60 ... 70 % от общих величин и в среднем составляют 29-32%. На основании полученных данных составлены альбомы-каталоги, методики к ним, разработаны специализированные компьютерные модули на базе ГИС K-MINE. Предложенные графоаналитические, табличные и компьютерные методы расчета позволяют быстро и достаточно точно управлять и контролировать извлечение запасов полезных ископаемых из недр.

3. Повышение качества обработки урановых месторождений, эффективности планирования горных работ, их рентабельности достигается за счет применения модулей маркшейдерского, геологического обеспечения горных работ, проектирования и планирования горных выработок и буровых работ, что является важным фактором существования предприятия в условиях рынка.

4. Для адаптации и внедрения автоматизированной комплексной технологии управления горными работами и ресурсами при разработке урановых месторождений Украины (эксплуатируемых и строящихся) новой геоинформационной системы на основе ГИС K-MINE, включающей формирование цифровых моделей, геолого-экономическую оценку запасов, анализ ведения горных работ, геолого-маркшейдерское обеспечение, планирование и проектирование горных, в том числе буровзрывных работ, строительство генеральных планов предприятий,

системы энергообеспечения, решение задач диспетчеризации и др. необходимо предусмотреть средства в государственном бюджете Украины для решения вышеуказанных задач.

5. Модуль планирования горных работ ГИС K-MINE содержит блок задач, связанных с планированием горных работ для предприятий с открытым и подземным способом добычи (сертификат соответствия международному стандарту ISO/IEC 12119:1994 №UA1.003.0105381-05). На основе существующей ГИС при использовании данного модуля можно решать ряд задач оптимизационного характера: наборка объемов плановой добычи горных пород для разных типов экскаваторных заходок (при открытом способе добычи) или выемочных камер (при подземном), планирование горных работ в карьерах с оптимизацией мест заложения выемочных блоков; оперативное планирование горных работ с возможностью их корректирования при изменении технологических факторов, которые влияют на план.

6. Модели, алгоритмы и методики положены в основу результатов выполнения научно-исследовательских и инжиниринговых работ, использованных Ингулецким, Северным и Полтавским ГО-Ками (Кривбасс), Криворожским техническим университетом, ГП «УкрНИПИпромтехнологии» (г. Желтые Воды), предприятием «КРИВБАСС-АКАДЕМИНВЕСТ», приняты к использованию Киевским институтом автоматизации, институтом «Механобрчермет» (г.Кривой Рог) и др., что позволяет повысить расчетную прибыль горных предприятий от переработки и обогащения руд на 5-7%.

Литература

1. Ляшенко В.И., Повный Б.Е., Литовченко А.И. Управление качеством руды при подземной разработке сложноструктурных месторождений //Бюлл. Цветная металлургия. 1990.- № 3.- С. 7-11.
2. Ляшенко В.И., Голик В.И. Инженерно-геологическое обеспечение природосберегающих технологий разработки рудных месторождений//Цветная металлургия. 1991. №12. с. 8-12.
3. Ляшенко В.И., Разумов А.Н. Практика обоснования показателей извлечения запасов руды на месторождениях сложной структуры //Цветная металлургия. - 1992. - № 4-5. С. 5-11.
4. Ляшенко В.И. Повышение эффективности управления запасами полезных ископаемых при подземной разработке месторождений сложной структуры //Цветная металлургия. 1994. №12. с. 1-9.
5. Ляшенко В.И., Чемезов В.В. Природо- и ресурсосберегающие методы извлечения запасов руды и песков на горных предприятиях. //ЦНИИцветмет экономики и информации. Обзорная информация. Серия "Горное дело" вып. 1.М.: 1992. 52 с.
6. Кошик Ю.И., Ляшенко В.И. Научное сопровождение уранового производства в Украине //Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2006. №6. С. 5-17.
7. Ляшенко В.И., Голик В.И. Природоохранные и ресурсосберегающие технологии подземной разработки урановых

месторождений //Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2007. №1. С. 3-16.

8. Ляшенко В.И., Голик В.И. Нормирование потерь и разубоживания при отбойке рудных тел сложной морфологии //Изв. вузов. Горный журнал. 1993. №4. С. 46-53.

9. Кодекс Украины о недрах г.Киев, 27 июля 1994 года № 132/94-ВС.

10. Ляшенко В.И. Зонов С.П., Томусяк С.Н. Приборы и автоматизированные системы радиационного контроля //Безопасность труда в промышленности. 1999. №12. С. 19-22.

11. Ляшенко В.И. Совершенствование технологий и технических средств на горных предприятиях атомной энергетики СНГ //Горный журнал. 1999. № 12.С. 8-11.

12. Ляшенко В.И. Развитие научных основ природо- и ресурсосберегающих технологий подземной разработки урановых месторождений //Металлургическая и горнорудная промышленность 2003. № 1. С. 133-139.

13. Ляшенко В.И. Природо- и ресурсосберегающие технологии и технические средства для подземной разработки урановых месторождений //Металлургическая и горнорудная промышленность 2003. № 4. С. 128-133.

14. Ляшенко В.И. Пути оптимизации показателей извлечения руд на урановых рудниках //Горный журнал. 2003. №4-5. С. 43-47.

15. Ляшенко В.И. Охрана недр при подземной разработке урановых месторождений //Металлургическая и горнорудная промышленность. 2004. №3. С. 120-124.

16. Ляшенко В.И. Природо- и ресурсосберегающие методы управления запасами при подземной разработке урановых месторождений //Металлургическая и горнорудная промышленность 2005. № 1. С. 122-127.

17. Ляшенко В.И., Повный Б.Е., Литовченко А.И. Нормирование потерь и разубоживания руды сложноструктурных месторождений //Безопасность труда в промышленности.- 1990.- № 5. С.35-39.

18. Ляшенко В.И., Колоколов О.В. Новые методы управления запасами полезных ископаемых на месторождениях сложной структуры //Металлургическая и горнорудная промышленность. 1993. №2. С. 34-38.

19. Автоматизована система експертної оцінки та техніко-економічного обґрунтування кондицій запасів корисних копалин /Г.І. Рудько, В.М. Назаренко, М.В. Назаренко, та ін. //Науково-практичний журнал «Геоінформатика». Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. 2006. №2. С. 82-89.

20. Ляшенко В.И., Назаренко В.М., Назаренко М.В. Охране недр – надежное инженерное и системное обеспечение //Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2007. №4. С.5-21.

21. Ляшенко В.И., Назаренко В.М., Назаренко М.В. Рациональному использованию недр урановых месторождений - надежное геолого-маркшейдерское и приборное обеспечение. // Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2007. - №6. - С.5-19.

22. Ляшенко В.И., Назаренко В.М., Назаренко М.В. Инновационные технологии горно-металлургического комплекса Украины // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2009. - №1. - С. 93-96.

23. Ляшенко В.И. Управление запасами руд урановых месторождений на основе инженерного и геоинформационного обеспечения //Разведка и охрана недр.-2012.-№4.-С.59-65.

Василий Иванович Ляшенко, к.т.н., начальник
научно-исследовательского отдела
ГП «УкрНИПИИпромтехнологии» тел. 05652-933 89

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОБЪЁМА ОТВАЛА ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТОДА ПОДСЧЁТА

Проанализировано отклонение определения объёма отвалов при различных способах подсчёта (способом правильных геометрических фигур, горизонтальных сечений и при помощи программы Trimble Geomatics Office) от объёма, рассчитанного по данным лазерно-сканирующей съёмки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отвал полезного ископаемого; объём тела; тахеометрическая съёмка; лазерно-сканирующая съёмка; подсчет объемов.



Определение объёма добытой породы является одной из важнейших задач, решаемых маркшейдерской службой при разработке месторождения полезного ископаемого. Данная задача решается различными способами: способом горизонтальных и вертикальных сечений, способом правильных геометрических фигур. При использовании оптико-механических приборов, таких как теодолит и тахеометр, точность определения объёмов определяется точностью съёмки, графической накладкой результатов съёмки на план и определении площадей. Дискретность съёмочных данных является причиной существенного влияния человеческого фактора на процесс построения контуров объекта, от которых напрямую зависит достоверность получаемых вертикальных сечений и контуров, описывающих верхнюю и нижнюю бровки отвалов, используемые для определения объёма тела способом горизонтальных сечений.

Лазерно-сканирующие технологии за счёт высокой плотности получаемых в результате съёмки точек лазерных отражений и, как следствие, большого объёма информации, позволяют минимизировать влияние человеческого фактора на процедуру построения контуров объекта. В результате съёмки получается трёхмерная модель снимаемого объекта в виде облака точек лазерных отражений, на основании которого возможно построение поверхности с последующим определением объёма тела в специализированных программах без упрощения формы, как в способе горизонтальных (вертикальных) сечений или способе правильных геометрических фигур.

Для сравнения точности представленных методов определения объёмов тела были использованы данные съёмки, проведённые кафедрой Маркшейдерского дела СПбГУ на карьере «Самарка» Ленинградской области и в г. Балаково Саратовской области при съёмке отвала фосфогипса. Были изучены величины объёмов отвала породы в форме конуса, отвалов неизометрической и изометрической форм и объём выемки полезного ископаемого.

В процессе производства съёмки на карьере «Самарка» был получен ряд сканов с шести точек стояния. Совмещённый («сшитый») и сориентированный скан (облако точек лазерных отражений) всего карьера имеет вид, представленный на рис.1.

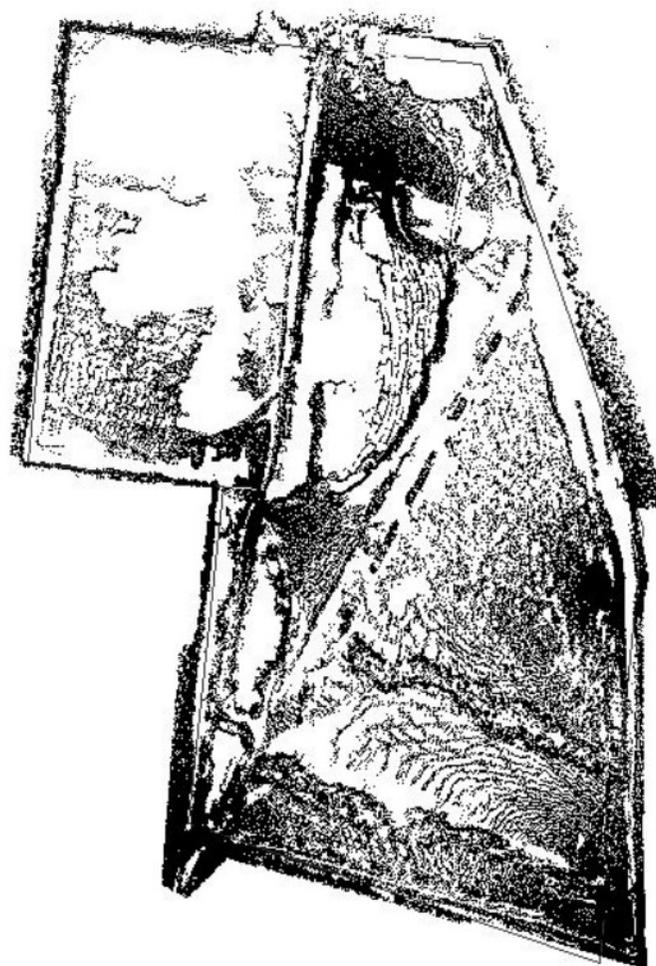


Рис.1. Облако точек лазерных отражений, описывающих положение карьера в пространстве

На скане вырезалась и обрабатывалась область, содержащая точки, принадлежащие изучаемому объекту.

В первом случае этим объектом являлся отвал конической формы (рис.2).

С помощью трёхмерной полилинии в программной среде AutoCAD на скане была отмечена нижняя граница объекта – подошва отвала. Это было сделано для однозначной фиксации границ объекта. Затем точки были импортированы в программу Trimble Geomatics Office (TGO), где на их основании была построена поверхность методом нерегулярных треугольников (TIN –поверхность) (рис.3).

Программа рассчитала объём полученного тела: $V_{ск} = 552,2 \text{ м}^3$.

Затем с помощью прореживания существующих на скане точек был симитирован процесс производства тахеометрической съёмки и на основании оставленных точек построена TIN-поверхность (рис.4).



Рис.2. Скан отвала конической формы

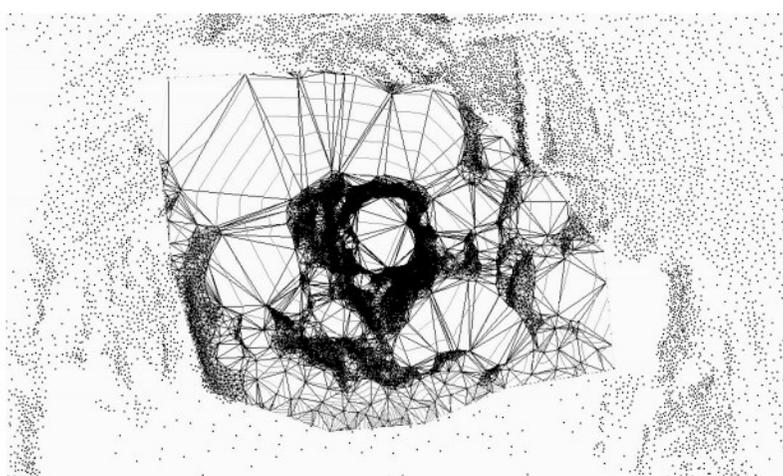


Рис.3. TIN-поверхность отвала конической формы, построенная по результатам лазерно-сканирующей съёмки

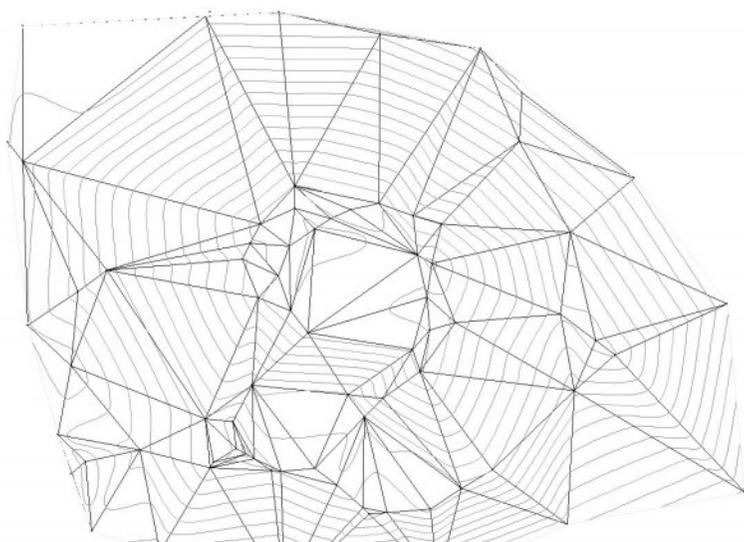


Рис.4. TIN-поверхность отвала конической формы, построенная по результатам тахеометрической съёмки

Объём полученного тела $V_{max}=571,6 \text{ м}^3$.

Было рассчитано отклонение объёма отвала конической формы от значения, полученного при съёмке лазерным сканером, которое было условно приня-

то за более точное:

$$\Delta_{max} = \frac{|V_{ск} - V_{max}|}{V_{ск}} 100\% = \frac{|552,2 - 571,6|}{552,2} 100\% \approx 3,5\%.$$

Также объём данного тела был определён методом правильных геометрических фигур по размерам, снятым со скана: $V = \frac{1}{3} h \pi r^2 = 315,8 \text{ м}^3$, где h – высота отвала, м, r – линейный параметр основания отвала, м.

Отклонение объёма в данном случае составит:

$$\Delta_{геомф} = \frac{|V_{ск} - V_{геомф}|}{V_{ск}} 100\% = \frac{|552,2 - 315,8|}{552,2} 100\% \approx 42,8\%.$$

Следующим объектом являлся отвал вытянутой (неизометрической) формы (рис.5).

Процедура определения объёма для данного объекта была идентичной отвала в форме конуса: $V_{ск}=11999,7 \text{ м}^3$.

Для варианта тахеометрической съёмки (рис.6) объём был определён в размере $V_{max}=11010,4 \text{ м}^3$.

Было рассчитано отклонение величины объёма отвала вытянутой формы от значения, полученного при съёмке лазерным сканером, которое было условно принято за более точное:

$$\Delta_{max} = \frac{|V_{ск} - V_{max}|}{V_{ск}} 100\% = \frac{|11999,7 - 11010,4|}{11999,7} 100\% \approx 8,2\%.$$

Изображения TIN-поверхностей, построенных программой TGO, представлены на рис.7.

Для подсчёта объёма породы при тахеометрической съёмке также используется метод горизонтальных сечений. В этом случае в расчёт берутся только контуры верхней и нижней бровок. В результате была получена величина объёма:

$$V_{горсеч} = \frac{S_{ВБ} + S_{НБ}}{2} h = \frac{10778,5 + 7704,5}{2} \cdot 1,6 = 14901,9 \text{ м}^3,$$

где $S_{ВБ}$ – площадь верхней бровки, м^2 , $S_{НБ}$ – площадь контура нижней бровки, м^2 , h – высота уступа, м.

В данном случае отклонение объёма отвала вытянутой формы от значения, полученного при съёмке лазерным сканером, которое было условно принято за более точное, будет составлять:

$$\Delta_{горсеч} = \frac{|V_{ск} - V_{горсеч}|}{V_{ск}} 100\% = \frac{|11999,7 - 14901,9|}{11999,7} 100\% \approx 24,1\%.$$

Подобная величина отклонения получилась в результате некорректности применения метода горизонтальных сечений из-за сложности фигуры отвала: на краю отвала есть небольшая насыпь породы в виде конуса.

Последней определялась точность нахождения объёма выемки породы (рис.8).

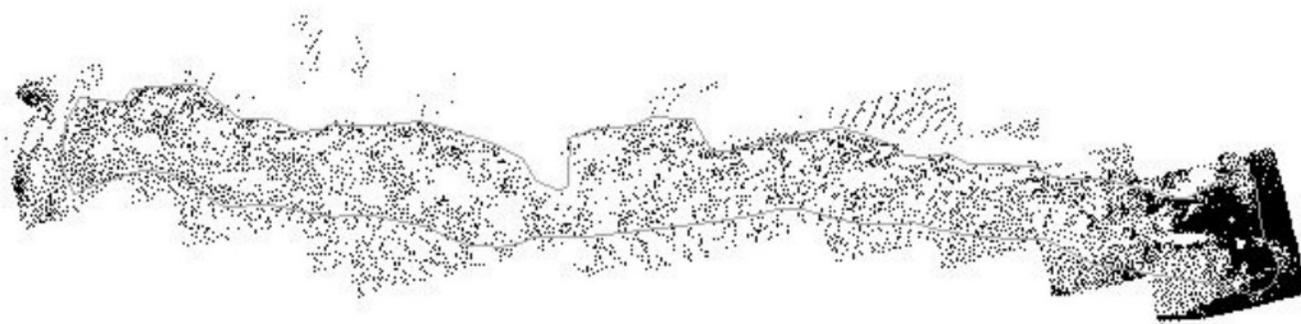


Рис.5. Скан отвала вытянутой формы

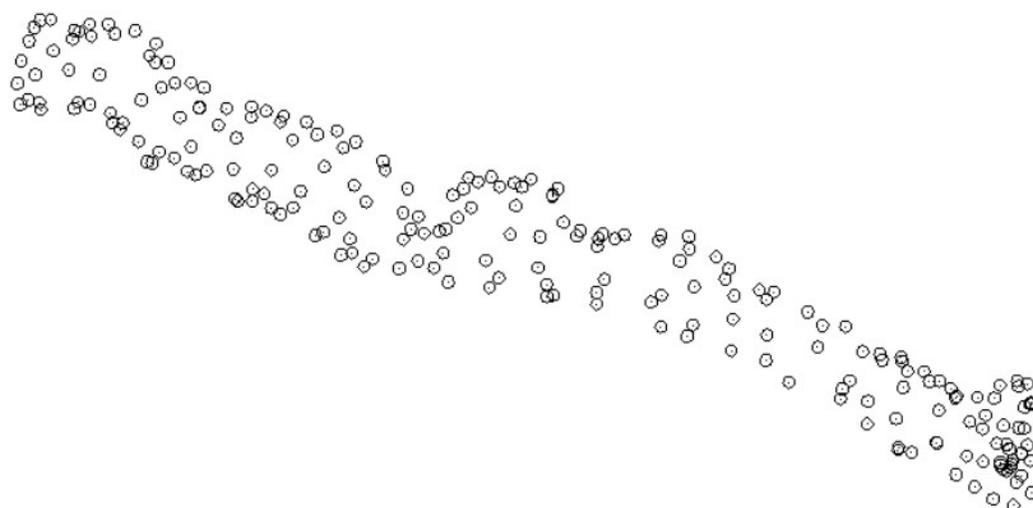


Рис.6. Точки вытянутого отвала при тахеометрической съемке

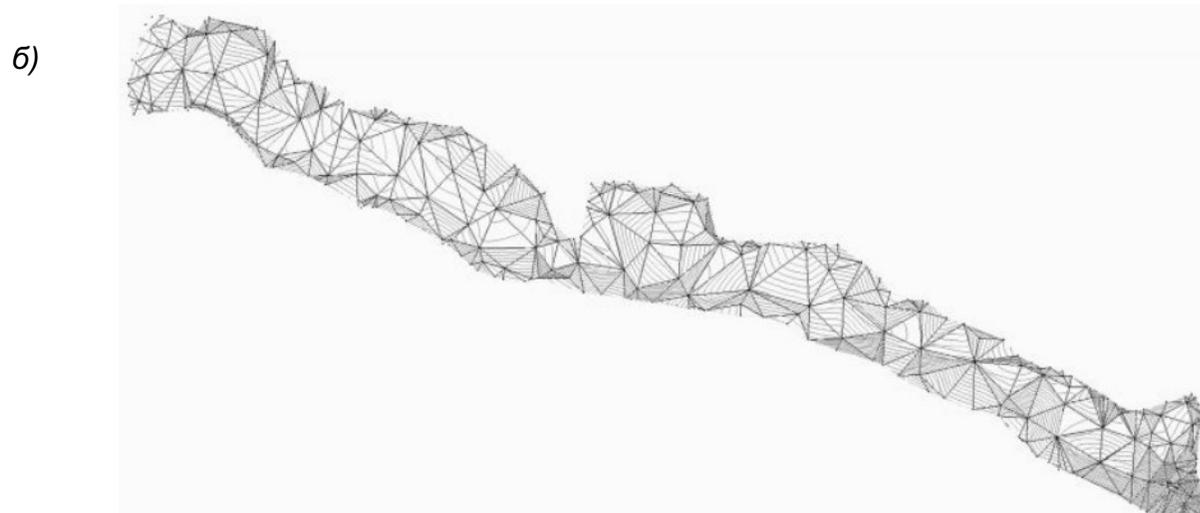


Рис.7. TIN-поверхности отвала вытянутой формы, построенные по результатам лазерно-сканирующей (а) и тахеометрической съемки (б)



Рис.8. Скан участка карьера, на котором происходила выемка полезного ископаемого

Чтобы узнать объём извлечённой породы, точки лазерных отражений, принадлежащие поверхности откосов бортов, импортировали в программу TGO, где на их основе была построена поверхность и рассчитан объём $V_{ск}=5841,4 \text{ м}^3$ (рис.9).

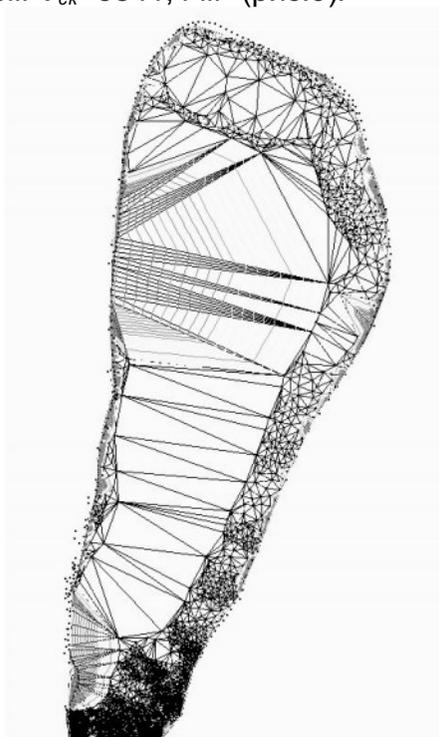


Рис.9. TIN-поверхность бортов карьера, построенная по результатам лазерно-сканирующей съёмки

Используя только часть отснятых точек для имитации тахеометрической съёмки, были также построены поверхности откосов бортов. В этом случае объём выемки равнялся $V_{max}=5633,1 \text{ м}^3$.

Тогда отклонение объёма добытой породы:

$$\begin{aligned} \Delta_{max} &= \frac{|V_{ск} - V_{max}|}{V_{ск}} 100\% = \\ &= \frac{|5871,4 - 5633,1|}{5871,4} 100\% \approx 4,1\%. \end{aligned}$$

Величина объёма выемки, рассчитанная методом горизонтальных сечений:

$$\begin{aligned} V_{горсеч} &= \frac{S_{ВБ} + S_{НБ}}{2} h = \\ &= \frac{1280,2 + 2538,5}{2} \cdot 3,5 = 6682,5 \text{ м}^3, \end{aligned}$$

где $S_{ВБ}$ – площадь верхней бровки, м^2 , $S_{НБ}$ – площадь

контура нижней бровки, м^2 , h – высота уступа, м.

Отклонение величины объёма породы:

$$\begin{aligned} \Delta_{горсеч} &= \frac{|V_{ск} - V_{горсеч}|}{V_{ск}} 100\% = \\ &= \frac{|5871,4 - 6682,5|}{5871,4} 100\% \approx 13,8\%. \end{aligned}$$

Также рассмотрен отвал в форме призмы. Данный скан является частью модели отвала фосфогипса (рис.10а).

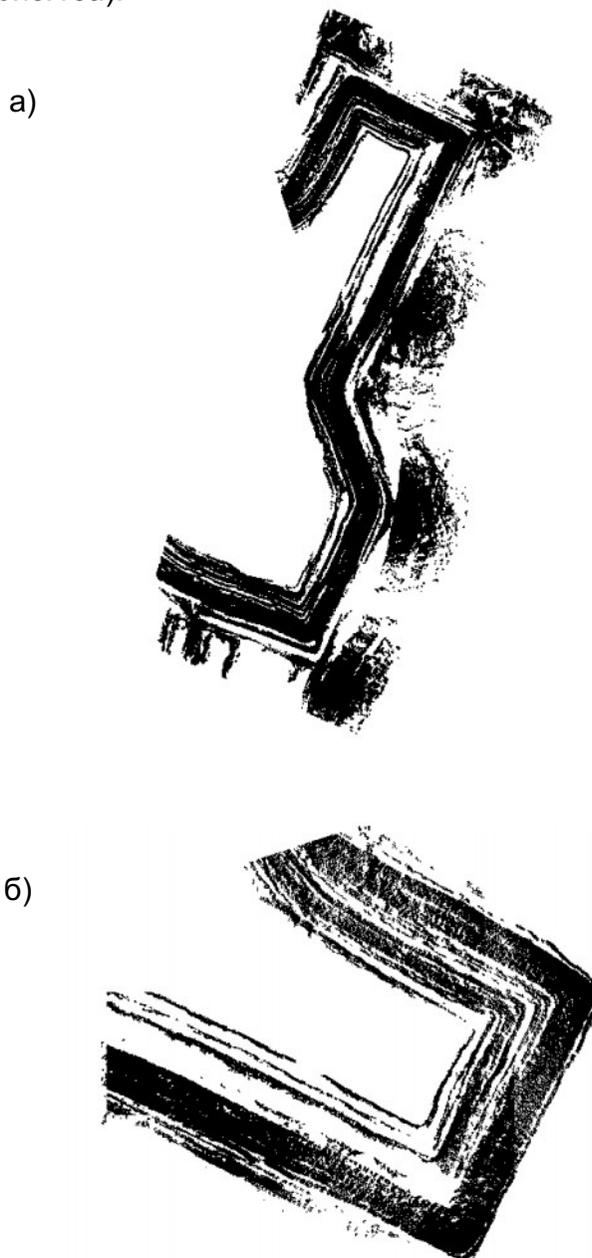


Рис.10. Скан отвала фосфогипса а) всего отвала; б) исследуемой части

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

В программе TGO была построена TIN-поверхность (рис.11а) и рассчитан объём полученного тела: $V_{ск} = 3708271 \text{ м}^3 = 3,71 \text{ млн. м}^3$.

Затем с помощью прореживания существующих на скане точек был симитирован процесс производства тахеометрической съёмки и на основании оставленных точек построена TIN-поверхность (рис.11б).

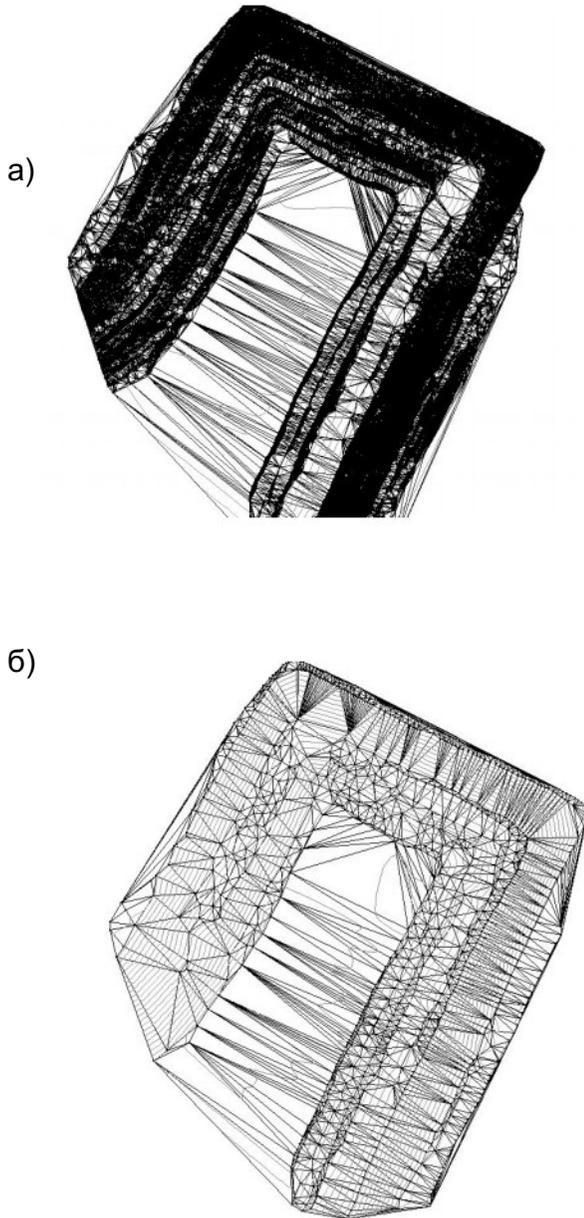


Рис.11. TIN поверхности, построенные по результатам а) ЛСС, б) тахеометрической съёмки

В этом случае объём выемки равнялся $V_{max} = 4008135 \text{ м}^3 = 4,0 \text{ млн. м}^3$.

Тогда отклонение объёма добытой породы:

$$\Delta_{max} = \frac{|V_{ск} - V_{max}|}{V_{ск}} 100\% =$$

$$= \frac{|3708271 - 4008135|}{3708271} 100\% \approx 8,1\%.$$

Величина объёма выемки, рассчитанная методом горизонтальных сечений:

$$V_{горсеч} = \frac{S_{ВБ} + S_{НБ}}{2} h = \frac{29829 + 105066}{2} \cdot 47 =$$

$$= 3170032 \text{ м}^3 = 3,2 \text{ млн. м}^3,$$

где $S_{ВБ}$ – площадь верхней бровки, м^2 , $S_{НБ}$ – площадь контура нижней бровки, м^2 , h – высота уступа, м.

Отклонение величины объёма породы:

$$\Delta_{горсеч} = \frac{|V_{ск} - V_{горсеч}|}{V_{ск}} 100\% =$$

$$= \frac{|3708271 - 3170032|}{3708271} 100\% \approx 14,5\%.$$

Таким образом, было изучено отклонение величины объёма отвалов и объёма выемки полезного ископаемого от условно принятого за истинное, полученного при лазерно-сканирующей съёмке. Из полученных величин видно, что, даже используя программное обеспечение, малое число точек, полученных при имитации процесса тахеометрической съёмки, обуславливает увеличение разницы между значениями объёма тела, полученных при различных методах расчёта. А такие способы, как способ правильных геометрических фигур и способ горизонтальных сечений искажают величину объёма более, чем на 10% (в случае способа правильных геометрических фигур эта величина достигает 40%).

Екатерина Александровна Нестеренко, к.т.н., ассистент, кафедра маркшейдерского дела, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» г.С.-Петербург, тел.(812) 328-82-59

Ю.В.Васильев, О.С.Мартынов, М.Л.Юрьев, А.Ю.Белоносов, С.И.Яковлев

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА САМОТЛОРСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Проанализирован комплекс высокоточных геодезических и геофизических измерений на Самотлорском геодинамическом полигоне за период с 2002 по 2010 гг. Изучены современные деформационные процессы, выявлена мульда оседания земной поверхности, определены взаимосвязи динамики перераспределения масс плотностных характеристик с зонами падения пластовых давлений и максимальных отборов углеводородного сырья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: современные геодинамические процессы; динамически напряженные зоны; мульда оседания; нивелирование; GPS-наблюдения; динамические аномалии плотностных характеристик; высокоточная гравиметрия; приращение сил тяжести; среднеквадратичная погрешность.

В соответствии с требованиями условий лицензионного соглашения и действующих нормативных документов Ростехнадзора [1] на территории Самотлорского месторождения ОАО «Самотлорнефтегаз» и ОАО «ТНК-Нижневатовск» в 2002 г. был создан Самотлорский геодинамический полигон (СГДП), состоящий из 85 глубинных реперов. С 2003 г. по настоящее время ежегодно выполняется комплекс геодезических работ (высокоточное нивелирование II класса, GPS-измерения) и геофизических исследований (гравиметрия, измерения локального магнитного поля земли) для определения характеристик напряженно-деформационного состояния недр. При детализации наблюдений на геодинамическом полигоне в период с 2006 по 2008 гг. было дозаложено ещё 10 реперов (на Усть-Вахской площади 6 реперов и 4 в проблемных участках). Таким образом, геодинамический полигон в настоящее время состоит из 95 пунктов наблюдений.

Основной целью работы на геодинамическом полигоне является обеспечение геодинамической и промышленной безопасности от техногенного влияния разработки Самотлорского месторождения на природную среду, объекты нефтегазодобычи, промышленные и гражданские сооружения, попадающие в площадь горного отвода (Нижневатовская ГРЭС, пос. Излучинск), посредством создания эффективной системы горно-экологического мониторинга.

Для решения поставленных целей и задач использовалась методологическая основа комплексирования нескольких методов: анализ высокоточных геодезических измерений, гравиметрии, дистанционного зондирования земли, сейсморазведки, геолого-промысловой обстановки, гидрогеологических и инженерно-геологических условий [2].

С 2002 по 2010 гг. выполнено восемь годовых циклов мониторинга, в состав комплекса геодезических и геофизических работ вошли:

- высокоточное геометрическое нивелирование II класса. Превышения высот между пунктами геодинамического полигона были рассчитаны в поле силы тяжести с точностью, обеспечивающей СКО не более 1,2 мм;

- спутниковые измерения осуществлялись для определения координат центров наблюдательных пунктов и направления их горизонтальных смещений. Точность по вертикали не менее 5-6 мм, по горизонтали 3-4 мм;

- гравиметрические наблюдения выполнялись с

точностью, обеспечивающей СКП не более 0,007 мГал. По данным наблюденных значений силы тяжести и значениям горизонтальных градиентов силы тяжести, рассчитанным с использованием программы интерпретации геопотенциальных полей методом векторного сканирования VECTOR [3], были определены аномальные области увеличения (уплотнения-проседания территории) и уменьшения (разуплотнения-подъёма территории). Это свидетельствует о вертикальных перемещениях земной коры, а так же дефиците масс, образующихся в результате эксплуатации месторождения.

Результаты VIII цикла высокоточных геодезических измерений, полученных геометрическим нивелированием II класса, за период 2002-2010 гг. выявили, что у подавляющего числа пунктов СГДП высоты уменьшились. Это свидетельствует о стабильном опускании земной поверхности Самотлорского месторождения. В целом за период 2002-2010 гг. подъём высотных отметок произошел только в 3 пунктах (0030, 0077, 0080) из 85 реперов. Максимальная величина накопленной просадки составляет -144 мм (пункт 0061). Составлена карта современной геодинамической обстановки, на которой выделено семь зон геодинамического риска (рис.1).

Анализ геодезических измерений за период наблюдений 2002-2010 годы позволил совместить мульды оседания 2002-2010, 2003-2010, 2005-2010, 2006-2010, 2007-2010, 2008-2010, 2009-2010 годов и построить усредненную мульду оседания по нулевым значениям. Все эти построения позволяют сделать вывод о том, что по изолинии -30 мм интегральная мульда занимает 2/3 территории лицензионного участка. Мульда находится в стадии активного переформирования в соответствии с технологическим режимом добычи (рис.2).

По векторным полям горизонтальных движений за период 2009-2010 гг. мульда оседания районирована, соответственно, на 4 геодинамических эпицентра, каждый из которых имеет замкнутую форму векторной направленности к центру. Максимальная величина вектора горизонтального смещения составила 16 мм (пункт 0001). Оседания поверхности, представленные отдельными образованиями, и горизонтальные разнонаправленные движения близких пунктов СГДП свидетельствуют о блоковом характере подвижек (рис.3).

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

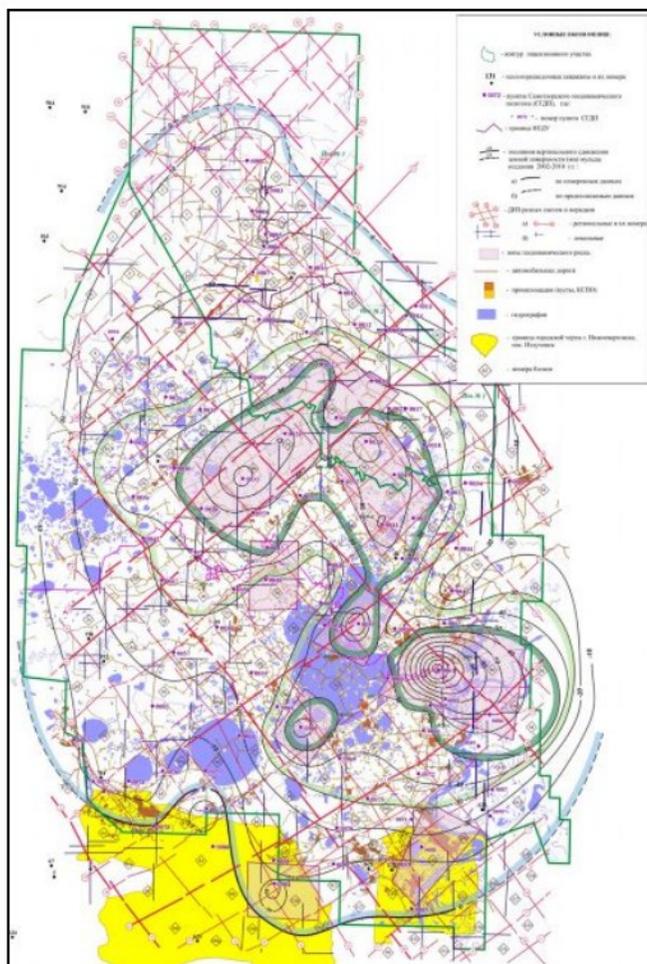


Рис.1. Карта-схема современной геодинамической обстановки за период 2002-2010 гг.

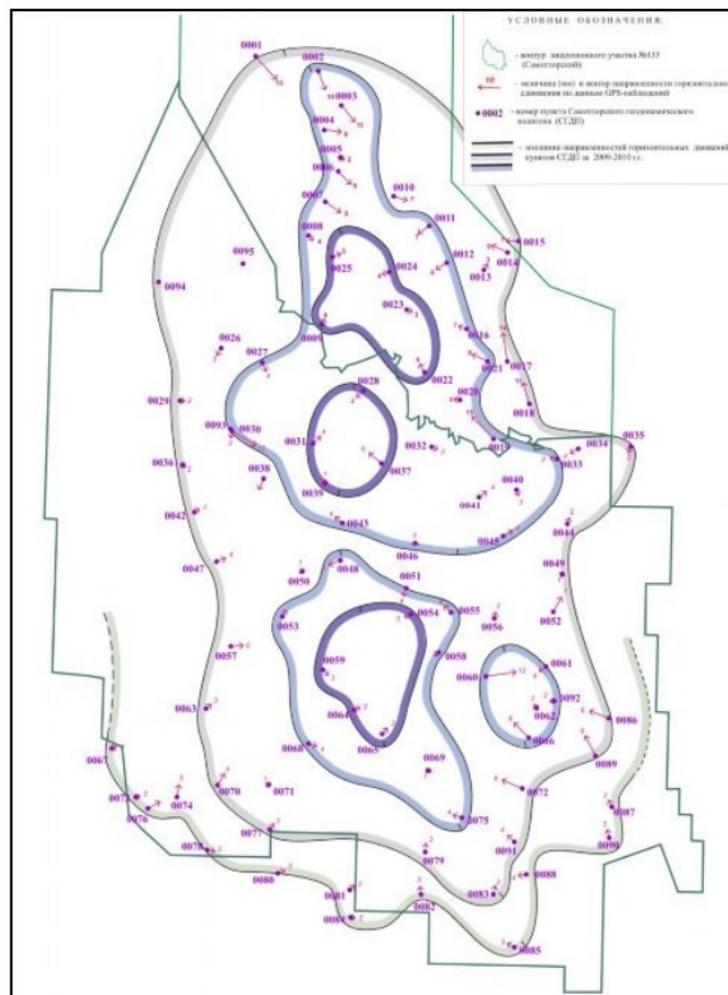


Рис.3. Карта-схема горизонтальных сдвигов пунктов СГДП за период 2009-2010 гг.

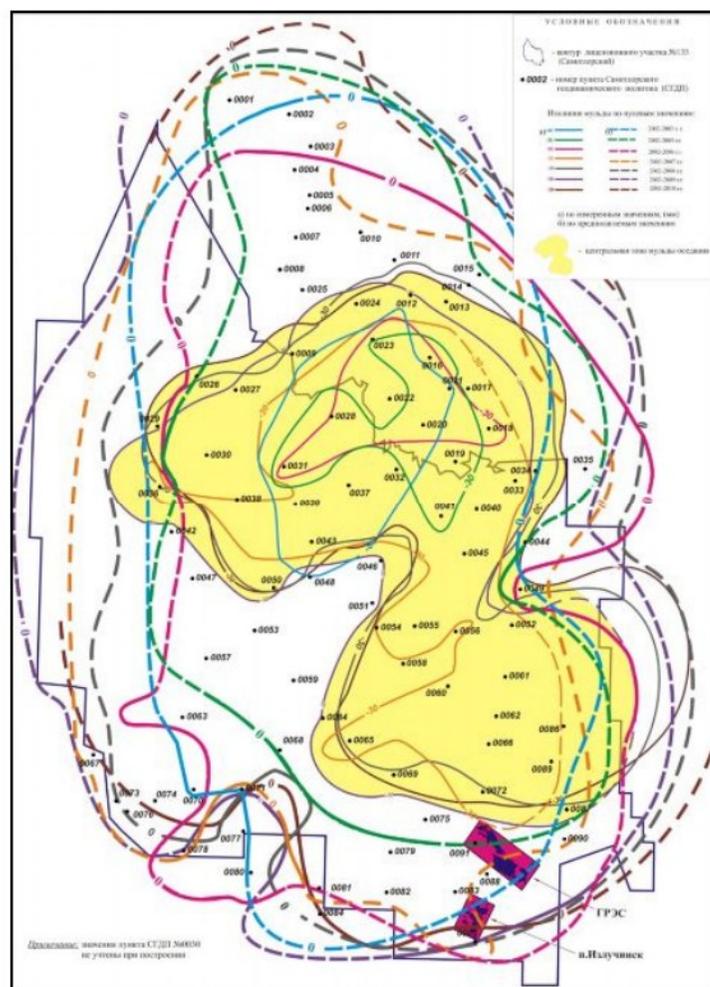


Рис.2. Динамика формирования мульды оседания земной поверхности Самотлорского месторождения за период 2002-2010 гг.

Самотлорское месторождение открыто в 1965 г. и введено в разработку в 1969 г. По состоянию на 01.01.2011 г. из недр месторождения на лицензионном участке ОАО «Самотлорнефтегаз» накопленная добыча жидкости составила 10928372,971 тыс.т, в том числе накопленная добыча нефти составила 2338561,518 тыс.т нефти. Для получения такого результата в систему поддержания пластового давления (ППД) закачено 12804409,775 тыс.м³ рабочего агента (подземных, поверхностных и сточных вод). Кроме того, добыто попутного газа 252020606,87 тыс.м³. Общий фонд скважин насчитывает 15387 (6854 добывающих и 2654 нагнетательных) единиц. Площадь горного отвода составляет 1598,2 км². Такая гигантская техногенная нагрузка (почти 10 скважин на 1 км² площади) инициирует проявление современных геодинамических процессов природно-техногенного генезиса, которые формируют сейсмодинамические и флюидодинамические изменения в недрах.

Изучение современных геодинамических процессов на месторождении осложнено интенсивными и долговременными условиями разработки с масштабным применением системы поддержания пластового давления (ППД) и гидроразрыва пласта (ГРП). Техногенный режим добычи УВ и природные особенности разломно-блокового строения формируют высокоскоростные флюидодинамические процессы в недрах месторождения. Это подтверждается тенденцией

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

снижения добычи нефти, растущей обводнённостью продукции, достигающей 93%, накопленной величиной компенсации (104% с начала разработки), падением пластовых давлений по группе пластов АВ до 30 атмосфер и по группе пластов БВ до 60 атм.

Поскольку система недр Самотлорского месторождения «раскачена» и находится в стадии активного переформирования, постановка работ по высокоточной гравиметрии на геодинамическом полигоне была ориентирована на выявление динамических аномалий плотностных показателей, связанных с перераспределением масс от добычи УВ. Регистрация динамических аномалий обусловлена изменениями плотностных характеристик в интервале нефтесазонности 1500-2600 м, связанных с процессом закачки

более тяжелой жидкости (рабочего агента) и вытеснением более легкой нефти (рис.4). С 2002 по 2010 гг. выполнено семь циклов гравиметрических наблюдений повышенной точности на долговременных геодезическо-гравиметрических пунктах (ДГГП) Самотлорского геодинамического полигона (СГДП). Общее число долговременных геодезическо-гравиметрических пунктов СДГП составляет 95 шт. Для выполнения гравиметрических наблюдений повышенной точности на СГДП использовались гравиметры типа СГ-3М, СГ-5, прошедшие эталонировку (поверку) на специальном гравиметрическом полигоне, подтверждённую наличием соответствующих сертификатов.

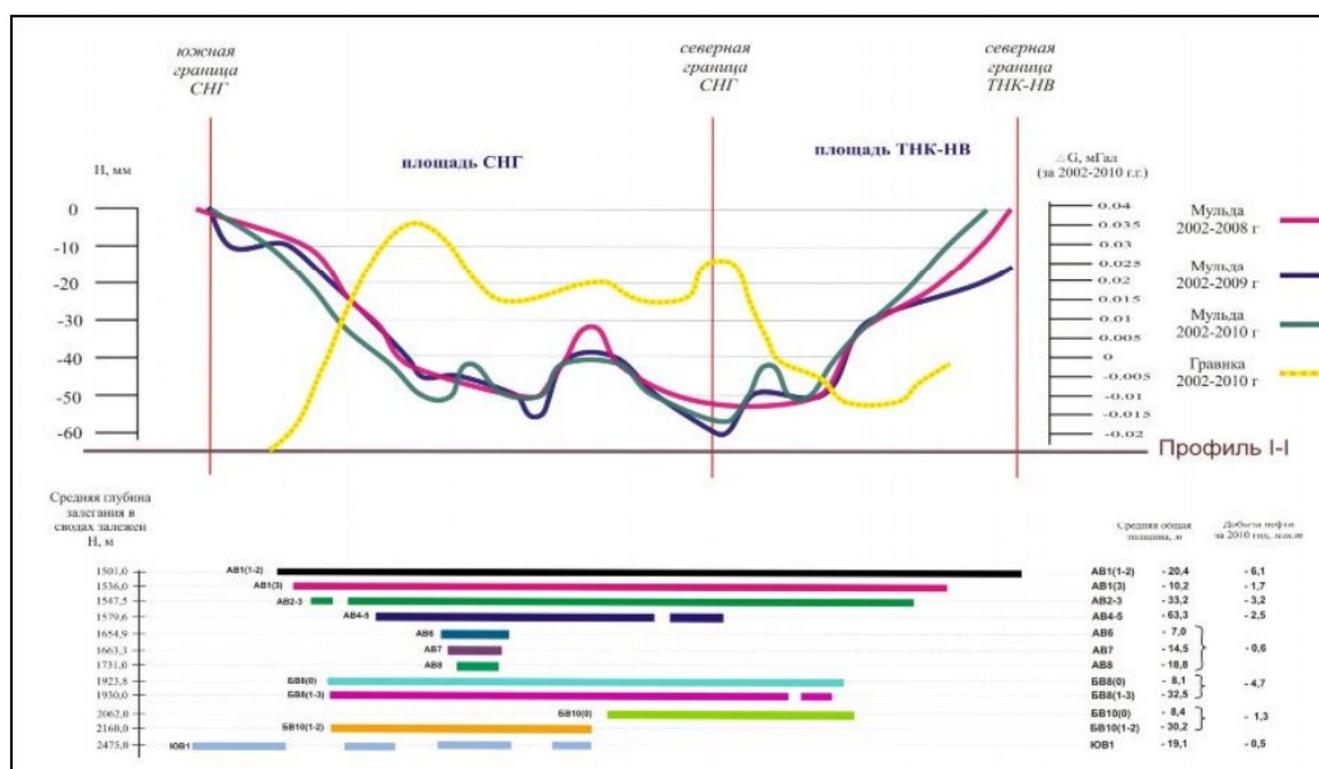


Рис. 4. Схематический разрез нефтегазоносности основных залежей, совмещенный с профилем мутьды оседания земной поверхности Самотлорского месторождения за 2002-2010 гг.

При выборе методики полевых работ исполнители руководствовались «Инструкцией по гравиразведке (ИГ-80)» и «Инструкцией» [4], инструкцией по эксплуатации гравиметров СГ-3М, СГ-5 и опытом работ с указанной аппаратурой в сложных физико-географических условиях.

Гравиметрические наблюдения на ДГГП геодинамического полигона проводились в условном уровне по методике однократных измерений (МОИ) двумя гравиметрами по центральной системе. В качестве исходного пункта (центрального) использовался ДГГП №0050. Наблюдённое значение силы тяжести на ИП полигона, приведённое к геодезической марке, было принято равным нулю ($G_{наб}=0$ мГал).

Обработка гравиметрических рейсов заключалась в ведение поправки за смещение нуля-пункта гравиметра, при приведении наблюдений $\Delta G_{набл}$ к уровню геодезической марки и вычисление приращений ΔG между ИП полигона и рядовыми пунктами

гравиметрической сети. Оценка точности и определение ошибки единичного наблюдения для каждого пункта проводилось согласно действующим нормативным документам.

Приведённые значения ΔG вычислены по формуле:

$$\Delta G'_{наб} = \Delta G_{наб} + 0.3086(H + const),$$

где $\Delta G_{наб}$ - приведённые к геодезическим маркам наблюдаемые значения силы тяжести; $\Delta G_{наб}$ - наблюдаемые значения силы тяжести, измеренные на подставке; H - высота гравиметра на подставке, относительно геодезической марки; $const$ - высота эффективной точки гравиметра относительно нижней нивелировочной (тонкой) пластины с передним креплением.

Среднеквадратическая погрешность единичного наблюдения на пунктах СГДП составила $\pm 0,007$ мГал.

Построенная гравиметрическая карта за период наблюдений 2009-2010 годы позволяет выделить наиболее подвижные участки вертикальных движе-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

ний, достаточно уверенно разграниченные по скоростям подвижек, в которых глубинные природно-техногенные процессы принимают участие в формировании деформационных процессов. Следует отметить, что локальные участки, подверженные разноскоростным вертикальным подвижкам, участвующие в создании поля сил тяжести земли, достаточно уверенно укладываются в геоблоки ранее построенной нами разломно-блочной модели (рис.5).

Анализ разностей высот результатов геометрического нивелирования II класса (за период 2009-2010 гг. по 95 пунктам) выявил подъем высотных значений в северной (+2÷+16 мм) и западной части территории (+1÷+12 мм), при этом центральная и вос-

точная часть земной поверхности, как и прежде, продолжала опускаться (-3÷-9 мм). Максимальные значения подъема зафиксированы в пункте 0030 (+12 мм), опускания 0061 (-9 мм). При этом «городская микромольда» (район СГДП 0084) сохранила динамику опускания территории (-5 мм), в то время как Ю-В часть Усть-Вахской площади за последние 3 года наблюдений продолжает незначительно опускаться (от -1 до -2 мм). Совмещение изолиний мольды оседания с картой динамических аномалий свидетельствует о высокой корреляционной связи зон уплотнения в центральной и южной части территории месторождения с деформационным процессом проседания земной поверхности (рис.5).

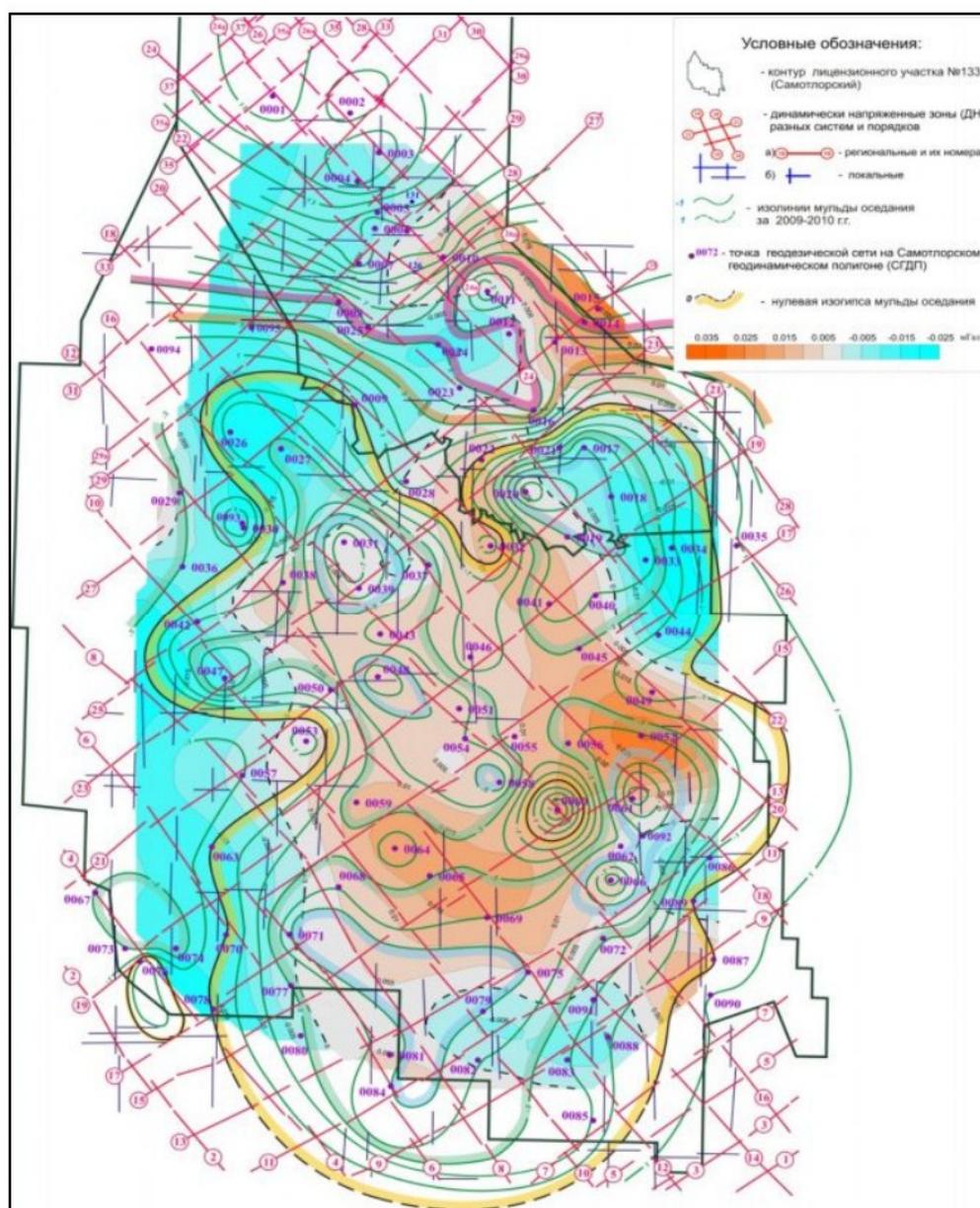


Рис.5. Динамическая аномалия силы тяжести, Самотлорский ГДП 2009-2010 гг., сечение изоаномал 0.005 мГал., совмещенная со схемой вертикальных движений пунктов СГДП по данным нивелирования II класса повышенной точности в разломно-блочном варианте за период 2009-2010 гг.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

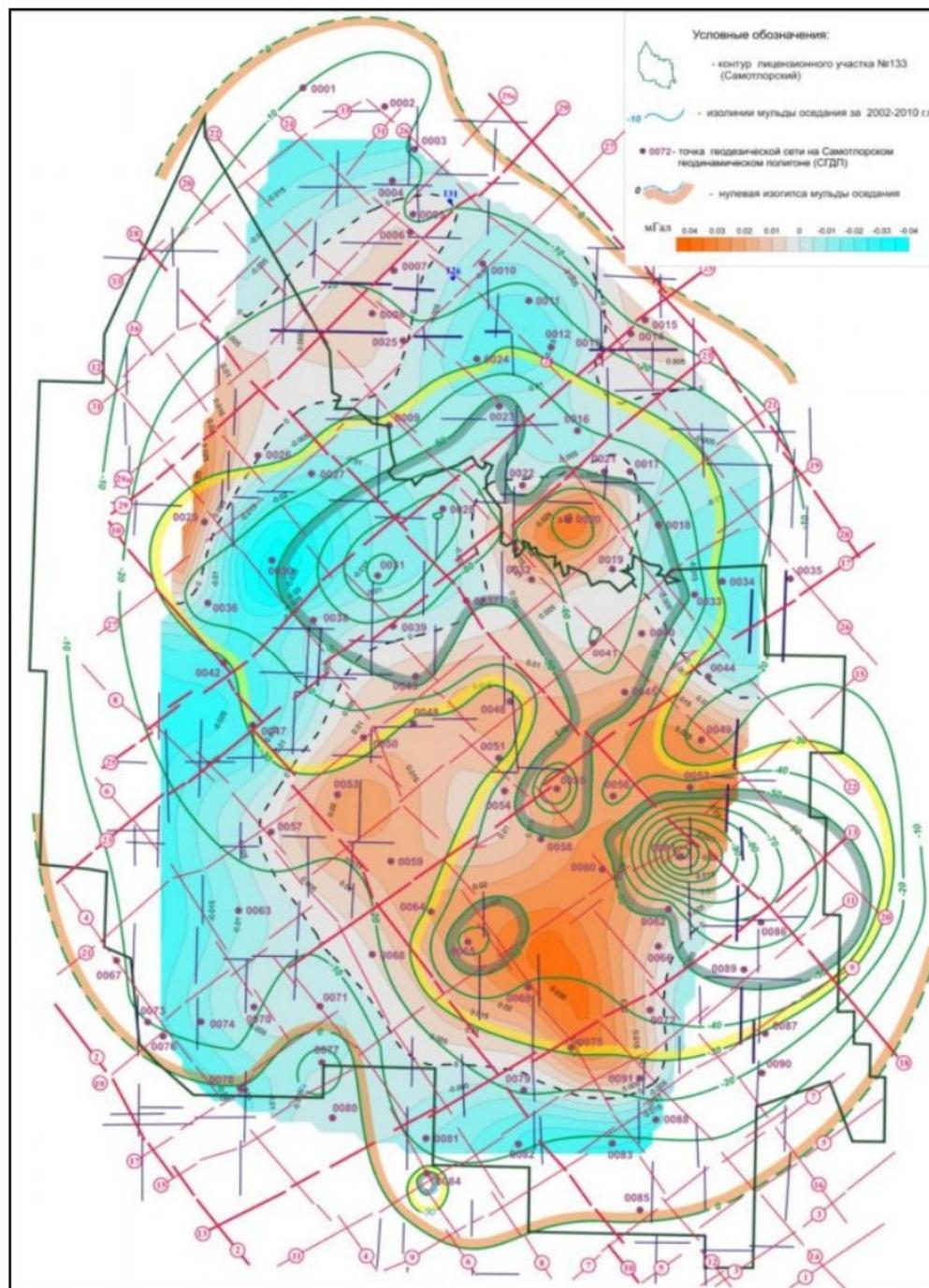


Рис.6. Динамическая аномалия силы тяжести, Самотлорский ГДП 2002-2010 гг., сечение изоаномал 0.005 мГал, совмещенная со схемой вертикальных движений пунктов СГДП по данным нивелирования II класса повышенной точности в разломно-блочном варианте за период 2002-2010 гг.

Сопоставительный анализ динамики деформационных процессов и динамики аномалий плотностных характеристик за 2002-2010 гг. свидетельствует о достаточно высокой корреляционной связи зон проседания земной поверхности с зонами уплотнения масс земли в центральной и восточной части месторождения (рис.6).

Полученные материалы в 2010 г. позволили районировать территорию месторождения по скорости и величинам вертикальных подвижек, обусловленных динамическими аномалиями плотностных характеристик сил тяжести за период 2002-2010 гг. При этом выделяются центрально-восточная и юго-восточная зоны с аномально высокими значениями наблюдаемых сил тяжести (максимальное проседание территории пункта 0061 достигает -144 мм) и юго-западная - с аномально низкими относительными ве-

личинами (G мГал), где зафиксирован незначительный подъем земной поверхности.

В целом можно сделать вывод о том, что результаты повторных гравиметрических наблюдений позволяют контролировать изменение плотностной характеристики и локальных неоднородностей среды, которые могут быть концентраторами напряженно-деформированного состояния недр месторождения. Площадное выделение плотностных неоднородностей связано с решением задачи построения корреляционной модели «тектонические блоки – плотностные неоднородности». В свою очередь это позволяет решить задачу прогнозирования зон повышенного геодинамического риска, так как такие неоднородности являются механически неустойчивыми [5,6]. К таким можно отнести локальную зону подъема по данным пункта СГДП № 0030 (+12 мм в 2010 г.) и ано-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

мальную зону опускания по данным пункта СГДП №0061 (-9 мм в 2010 г.). Здесь процессы уплотнения - разуплотнения по гравиметрии сопровождаются деформационными процессами, соответственно, проседанием и подъёмом (рис.6).

На представленных картах-схемах гравитационных аномалий по относительным величинам (ΔG мГал) прослеживается заметное увеличение площадей аномально высоких значений плотностных характеристик в центральной и восточной части месторождения с 2002-2003, 2002-2005 и 2002-2006 гг. (рис.7). При этом прослеживается уменьшение аномально высоких значений по годам наблюдений 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 и 2009-2010. Отмеченные наблюдения подтверждаются динамикой добычи нефти по ОАО «СНГ» по годам в такой же последовательности. Здесь происходит увеличение добычи с 18.3 до 23.6 млн.т за период с 2003 по 2006 гг. и далее происходит снижение добычи нефти. Точно так же происходит уменьшение площадей высоких значений гравитационных аномалий с 23.6 до 20.2 млн.т за период с 2006 по 2010 гг.

Следует отметить, что западная часть месторождения, где стабильно за все годы наблюдений определена аномальная зона низких значений приращеня сил тяжести, коррелируется с зоной локального подъёма земной поверхности в районе пункта СГДП 0030, в то время как аномальная зона оседания в районе СГДП 0061 совпадает с зоной повышенных значений плотностных характеристик.

Сопоставительный анализ полученной информации по накопленной добыче нефти с начала разработки на 01.01.2011 г. с данными по динамике приращения сил тяжести земли, полученными по гравиметрии за период 2002-2010 гг. и количественными показателями мульды оседания за этот же период, свидетельствует о высокой взаимосвязи трёх методов (рис.8). Системный подход к сбору, анализу и интерпретации данных по геолого-геофизической обстановке, основным геолого-промысловым показателям, гравиметрии позволяет определять генезис формирования современных деформационных процессов земной – природный или техногенный.

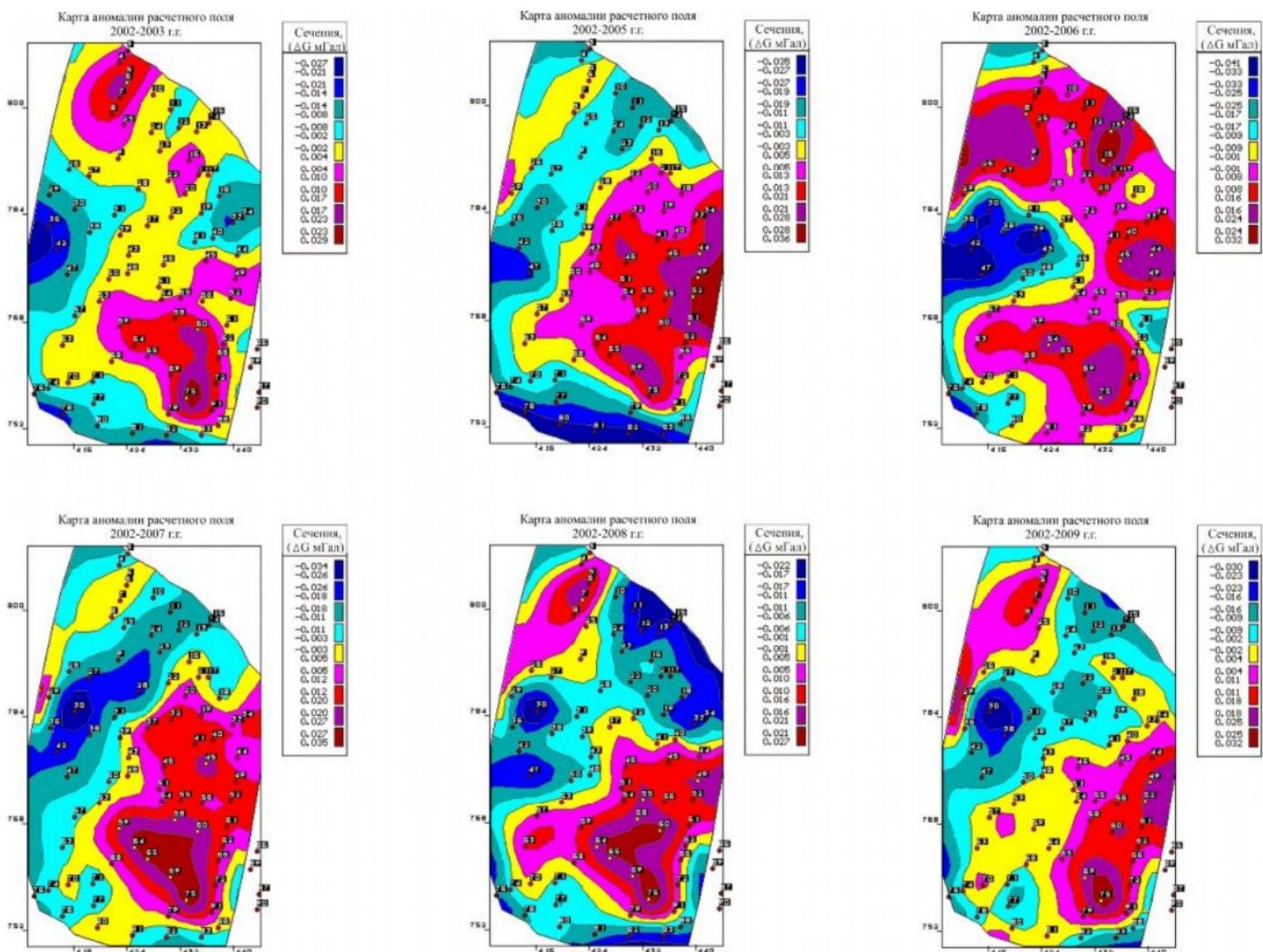


Рис. 7. Динамика аномалий гравитационного поля по относительным величинам (ΔG мГал) на Самотлорском полигоне за период наблюдений 2002-2003, 2002-2005, 2002-2006, 2002-2007, 2002-2008 и 2002-2009 гг.

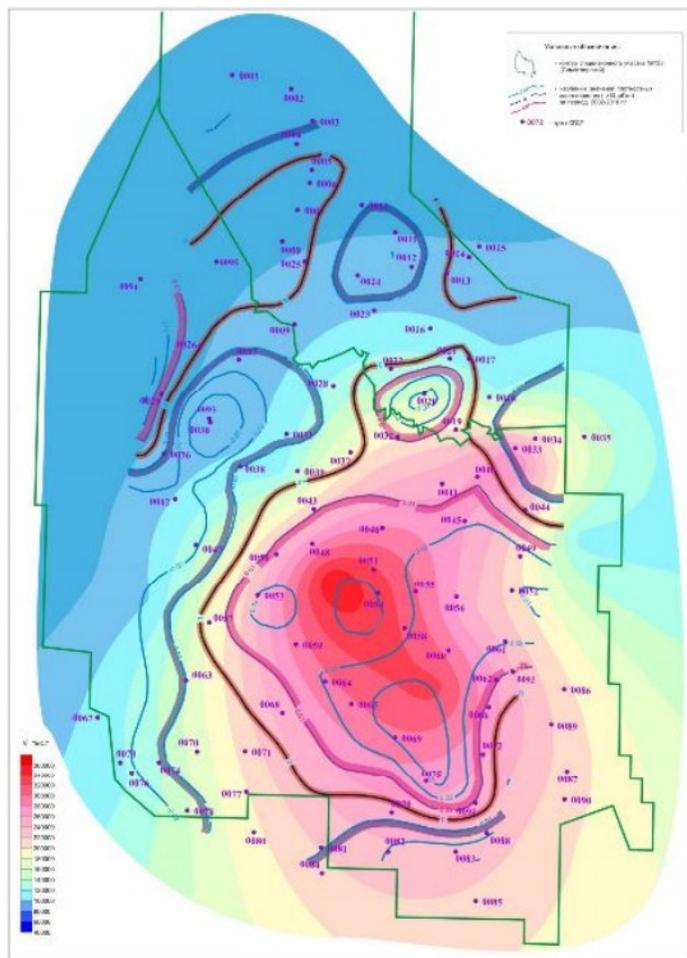


Рис.8. Схема накопленных отборов нефти с начала разработки Самотлорского месторождения на 01.01.2010 г., совмещенная с изолиниями наблюдаемых значений сил тяжести (мГал) за период 2002-2010 гг.

Выводы

1. Добыча нефти, которая имеет меньший удельный вес, чем рабочий агент (вода) при организации системы заводнения, формирует высокий гравитационный потенциал плотностных характеристик в зоне отбора углеводородов. Таким образом, годовые аномалии сил тяжести объясняются вертикальными подвижками земной поверхности и перераспределением масс недр, которое индуцируется компенсацией водой добычей углеводородов.

2. Метод высокоточной гравиметрии позволяет в целом отслеживать гидродинамические процессы и геодинамику недр месторождения. Но поскольку наблюдения по гравиметрии носят оперативный характер и регистрируют наблюдаемые значения сил тяжести земли одного полевого сезона в течении двух недель, в то время как нивелирование сети наблюда-

тельных пунктов осуществляется в течении 4-5 месяцев, то результат гравиметрии носит по сути «мгновенный» точечный характер.

3. Анализ выполненных работ позволяет сделать вывод о том, что прослеживается взаимосвязь формирования современных деформационных процессов с динамикой плотностных характеристик (по гравиметрии), с динамикой падения пластовых давлений (по картам изобар) и величиной отбора жидкости (нефти) по основным показателям разработки.

4. Мультиоседания земной поверхности на Самотлорском месторождении находится в стадии активного переформирования из-за высокоскоростных гидродинамических и гравитационных процессов, происходящих при интенсивной добыче жидкости (углеводородов). При организации мониторинга с периодичностью наблюдений 1 раз в году можно получить весьма усредненную картину отображения схожимости рассматриваемых процессов, поскольку скорость и величины процессов несопоставимы с дискретностью наблюдений. Для отображения полной картины вышеуказанных процессов высокоточной гравиметрией необходима постановка работ в автоматическом режиме (телеметрии).

Литература

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. РД 07-603-03.
2. Система обеспечения геодинамической и экологической безопасности при проектировании и эксплуатации объектов ТЭК. Методические рекомендации. СПб.: ВНИМИ, 2001.-86с.
3. Новоселицкий В.М., Простолупов Г.В. Векторная обработка гравиметрических наблюдений с целью обнаружения и локализации источников аномалий // Материалы 1-й Всероссийской конференции. Геофизика и математика. - М.: ИОФЗ РАН, 1999. - С. 104-107.
4. Инструкция по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России. ГКИНП (ГНТА)-04-122-03. ЦНИИГАуК, 2002 г.
5. Васильев Ю.В., Мартынов О.С. Анализ результатов исследований на геодинамическом полигоне Самотлорского месторождения. // Материалы восьмой научно-практической конференции «Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО». Х-Мансийск, 2005. Том 1. С. 452-461.
6. Васильев Ю.В., Мартынов О.С., Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г. Проблема обеспечения геодинамической безопасности Усть-Вахской площади Самотлорского месторождения.//Нефтегазопромысловое дело №7., 2010 г. С.58-65.

Юрий Владимирович Васильев, к.г.-м.н., доцент, рук. лаборатории геодинамического мониторинга, тел. (3452) 688-791;
 Олег Серафимович Мартынов, ведущий инженер;
 Михаил Леонидович Юрьев, инженер;
 Андрей Юрьевич Белоносков, к.г.-м.н., рук. лаборатории диагностики продуктивности углеводородных ловушек (Западно-Сибирский филиал Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ЗСФ ИНГГ СО РАН));
 Сергей Иванович Яковлев, ведущий инженер лаборатория геопотенциальных полей (ГИ УрО РАН), тел. 8-912-980-22-33

В.Н.Захаров, С.С.Кубрин, Г.Н.Фейт, Д.И.Блохин

ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ, ОПАСНЫХ ПО ГЕО- И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ*

Приведены результаты выполненных лабораторных исследований по созданию материала, максимально соответствующего по жесткости и прочности горной породе, для тензометрического мониторинга напряженно-деформированного состояния углепородного массива. Показано, что цементно-песчаные растворы без применения добавок малопригодны для создания таких материалов, перспективными являются составы на основе эпоксидных смол.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: угольный массив; геомеханические процессы; динамические проявления; разрушение; напряжения; деформации; мониторинг напряженно-деформированного состояния; тензометрический датчик; измерительный элемент деформации; цементно-песчаный раствор; опытный образец.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного контракта №16.525.12.5008.



В.Н.Захаров С.С.Кубрин Г.Н.Фейт Д.И.Блохин

Заблаговременное выявление различных динамических проявлений при освоении месторождений твердых полезных ископаемых на основе закономерностей их развития возможно только средствами постоянного мониторинга состояния горного массива. Одним из основных компонентов мониторинга состояния горного массива является мониторинг напряженно-деформированного состояния.

Процессы газопроявления и формирования очагов опасности газодинамических явлений, согласно теории академика А.А.Скочинского [1], в угольном массиве происходят в результате действия трех основных факторов: горного давления; содержащегося в угле газа; физико-механических свойств, микро и макроструктуры угля и строения угольного пласта. Механизм формирования очага газодинамических явлений [2] при разрушении угля в условиях объемного неравнокомпонентного напряженного состояния, в условиях объемного сжатия и газонасыщения характеризуется ростом величины бокового сжатия, резко увеличивает прочность угля, что обеспечивает возможность высокой концентрации напряжений и влияет на характер разрушения угля в запредельной области деформирования. При высоких значениях бокового сжатия (более 13÷18 МПа) запредельные кривые деформирования становятся горизонтальными, а предел прочности и остаточная прочность совпадают. Разрушение начинает происходить при отношении боковых и нормальных к пласту напряжений менее 0,33, при уменьшении этого соотношения до 0,13 разрушение происходит практически всегда, а когда такое соотношение больше 0,33 разрушение не происходит. Таким образом, в условиях геологических нарушений, где затруднено деформирование призабойной части массива в сторону забоя, происходит возрастание боковых напряжений, действующих со стороны забоя и создаются условия для еще более сильного возрастания нормальных к угольному пласту напряжений вблизи обнажения пласта. Происходит резкое увеличение опасности возникновения газодинамических явлений. Характерной особенно-

стью выбросоопасных зон угольных зон является «задержка деформации» и возрастание концентрации напряжений в призабойной части массива.

Поэтому мониторинг напряженно-деформированного состояния горного массива должен производиться разнонаправленными тензометрическими датчиками (зондами). Чувствительные элементы датчика должны обладать жесткостью, равной жесткости исследуемой среды, и при этом должны быть чрезвычайно чувствительными к малым перемещениям, поскольку предельные деформации углепородного массива невелики (5-10%). В средах с высокой прочностью и высокой жесткостью до давлений, при которых сохраняется сплошность среды, возможно с достаточной точностью установить связь между напряжением и деформациями, через измерения деформаций только экспериментально, в лабораторных условиях на образцах горных пород путем задания калиброванной нагрузки и измерением деформаций с высокой точностью.

Изготовление материала, соответствующего по жесткости и прочности горной породе, где будет проводиться исследование напряженно-деформированного состояния, состоит из выбора состава цементно-песчаных смесей на основе кварцевого песка и цемента с применением различных модифицирующих добавок или эпоксидных смол и заполнителей. Образцы, полученные без применения добавок, не имели представительного линейного участка. Применение комплексной добавки позволяет линеаризовать значительный участок кривой нагружения, но не дает возможности проводить оценку малых нагрузок. Снижение водоцементного отношения с использованием суперпластификатора СЗ и комплекса добавок позволяет существенно линеаризовать практически всю область нагружения (рис.1,2). Проведенными исследованиями показана возможность оценки напряженного состояния в диапазоне от 0 до 30 МПа.

Анализ результатов лабораторных исследований установил:

– во-первых, цементно-песчаные растворы малопригодны для создания измерительных элементов деформации (имеют необратимый характер деформирования, свойства их существенно зависят от «возраста»);

– во-вторых, перспективными являются составы на основе эпоксидных смол, позволяющие в широких пределах варьировать свойства элементов деформации и имеющие большие участки линейной зависимости «деформация – нагрузка».

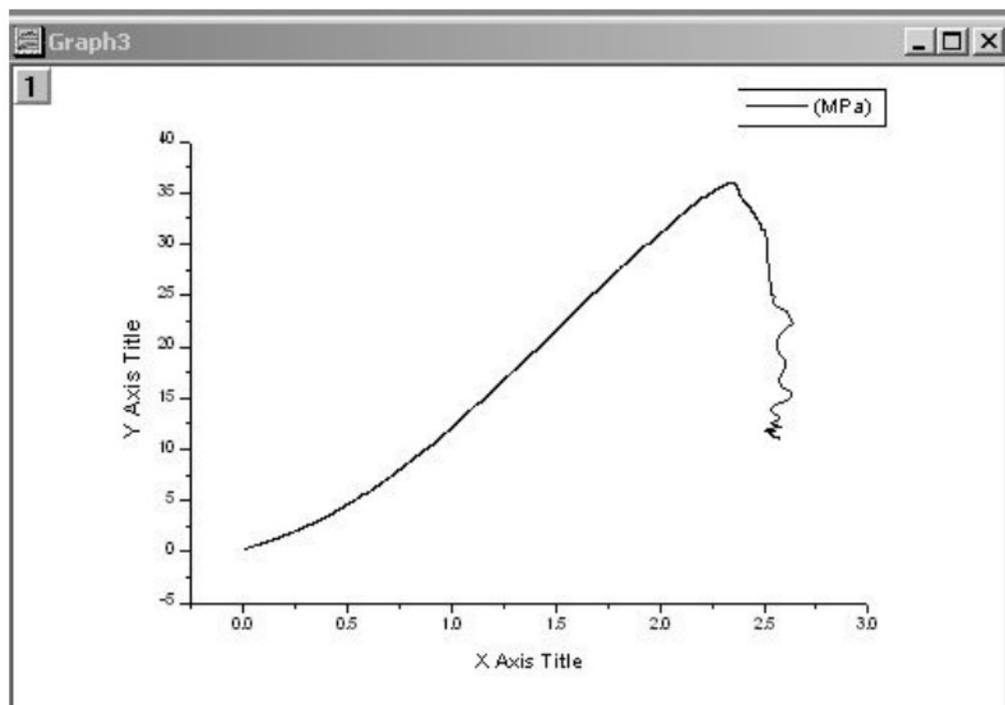


Рис. 1. Деформационная кривая образца (отношение цемент:песок – 1:2; отношение В/Ц = 0,37, суперпластификатор СЗ и комплекс добавок, включая осаждающие добавки)

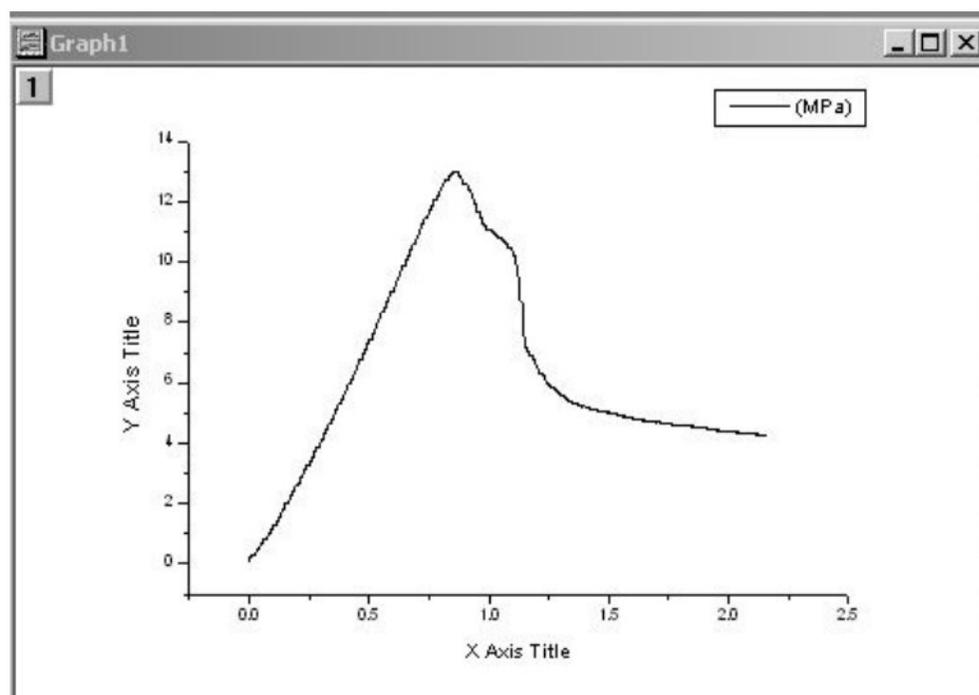


Рис. 2. Деформационная кривая образца на основе композиционного материала с применением в качестве вяжущего эпоксидной смолы ЭД-20 с отвердителями полиэтиленполиамид (ПЭПА) и триэтилентетрамин (ТЭТА)

Литература

1. Скочинский А.А. Современное состояние изученности проблемы внезапных выбросов угля и газа в шахтах / Научные исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа. Углетехиздат. – 1958. - С.5-15.

2. Фейт Г.Н. Предельные состояния и разрушение углей выбросоопасных пластов пластов / Науч.сообщ./ Ин-т горного дела им. А.А.Скочинского. М., - 1987. – Вып. 252. – С.104-113.

Валерий Николаевич Захаров, проф., д.т.н., директор;
Сергей Сергеевич Кубрин, д.т.н и.о. зав.лаб.,
тел.(495) 360 07 35;
Герман Николаевич Фейт, проф., д.т.н.
(ИПКОН РАН);
Дмитрий Иванович Блохин, доц., к.т.н. (ФГОУ МГТУ)

В.Н.Гусев, Е.М.Волохов, Н.С.Бак, С.Ю.Новоженин

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТРО НА ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЛЭП

Показана возможность точного и достоверного прогноза величин сближения-удаления подрабатываемых опор ЛЭП от суммарного воздействия горизонтальных сдвижений и наклонов, на основе которого определяются изменения провиса проводов между опорами ЛЭП, по величинам которых оценивается степень их натяжения.

Ключевые слова: воздушная ЛЭП; прямые и угловые опоры; безопасная глубина; наклоны; горизонтальные сдвижения; провис и поднятие пролёта проводов; степень натяжения проводов.



Гусев В.Н.



Волохов Е.М.



Н.С.Бак



Новоженин С.Ю.

Решение вопросов подработки воздушных линий электрических передач (ЛЭП) в основных угольных бассейнах РФ производится через определение безопасной глубины для опор ЛЭП [1], попавших в зону влияния горных работ, по формуле:

$$H_6 = K_6 \cdot m, \quad (1)$$

где m – вынимаемая мощность пласта; K_6 – коэффициент безопасности, величина которого зависит от типа опор (анкерно-угловые, промежуточные угловые и прямые, концевые) и напряжения передаваемого тока ($K_6 = 60 \div 100$). Выемка пластов под опорами ЛЭП может производиться на глубине не менее безопасной, рассчитанной по формуле (1). Кроме того, опоры ЛЭП охраняются от образования под ними провалов и больших трещин, условия образования которых приведены в [1]. При проведении горных работ выше безопасной глубины необходимо применение защитных мероприятий. Применительно к опорам ЛЭП, попавшим в зону влияния строительства тоннелей метро, вместо вынимаемой мощности пласта в формуле (1) можно подставить сумму смещений шельги свода тоннеля до его закрепления и замковой части свода после закрепления. И далее по аналогии с [1].

Поскольку опоры ЛЭП, попадающие в пределы зоны влияния горных работ или строительства подземных объектов метро, будут испытывать влияние наклонов и горизонтальных сдвижений (рис.1), то в качестве охранных мероприятий, независимо от того, что горные работы или проходка тоннелей и подземных станций метро будут вестись выше или ниже горизонта безопасной глубины, потребуется выравнивание отдельных опор и перепуск проводов для приведения их натяжения к норме.

Границы зоны влияния горных работ или строительства подземных сооружений (мульды сдвижения) устанавливаются по длинам полумульд (L_1, L_2, L_3 на

рис. 1, 2), которые в свою очередь определяются по граничным углам [1, 2]. Зону влияния строительства тоннелей метро можно установить по результатам моделирования геомеханических процессов проходки тоннелей методом конечных элементов (МКЭ). В частности, для проектируемого в г. Хошимин метро на основе геомеханического моделирования рассматриваемых условий была выявлена зависимость граничных углов от средневзвешенного значения угла внутреннего трения, глубины заложения тоннеля и его радиуса (то есть от размеров тоннеля). Аналитическое выражение этой зависимости имеет следующий вид:

$$\delta_0 = 0.125\varphi + 1.54R^2 - 18.22R - 0.621H + 73.29 - \Delta\delta, \quad (2)$$

где δ_0 - граничный угол, градус; φ - средневзвешенное значение угла внутреннего трения, градус; R - радиус тоннеля, м; H - глубина заложения тоннеля, м; $\Delta\delta$ - поправка к граничному углу, являющаяся функцией радиуса тоннеля и глубины его заложения, град. Введение поправки $\Delta\delta$ в виде функциональной зависимости повышает точность определения граничного угла δ_0 .

Изменение натяжения проводов на участках между опорами происходит за счёт наклона и горизонтальных смещений этих опор вследствие воздействия на них деформаций наклонов и горизонтальных сдвижений внутри границ мульды сдвижения. Совместное действие этих факторов определяет, насколько сблизилась или удалилась точка подвеса проводов к опорам, и соответственно этому опустилась или поднялась точка с максимальным провисом проводов в пролёте между опорами. Опускание точки с максимальным провисом соответствует уменьшению натяжения проводов, поднятие – увеличению натяжения. Механизм увеличения или уменьшения провисания пролёта проводов между опорами в точке с максимальным их провисом от действия на опоры наклонов и горизонтальных сдвижений, приводящий к изменению натяжения проводов, показан схематично на рис.1.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

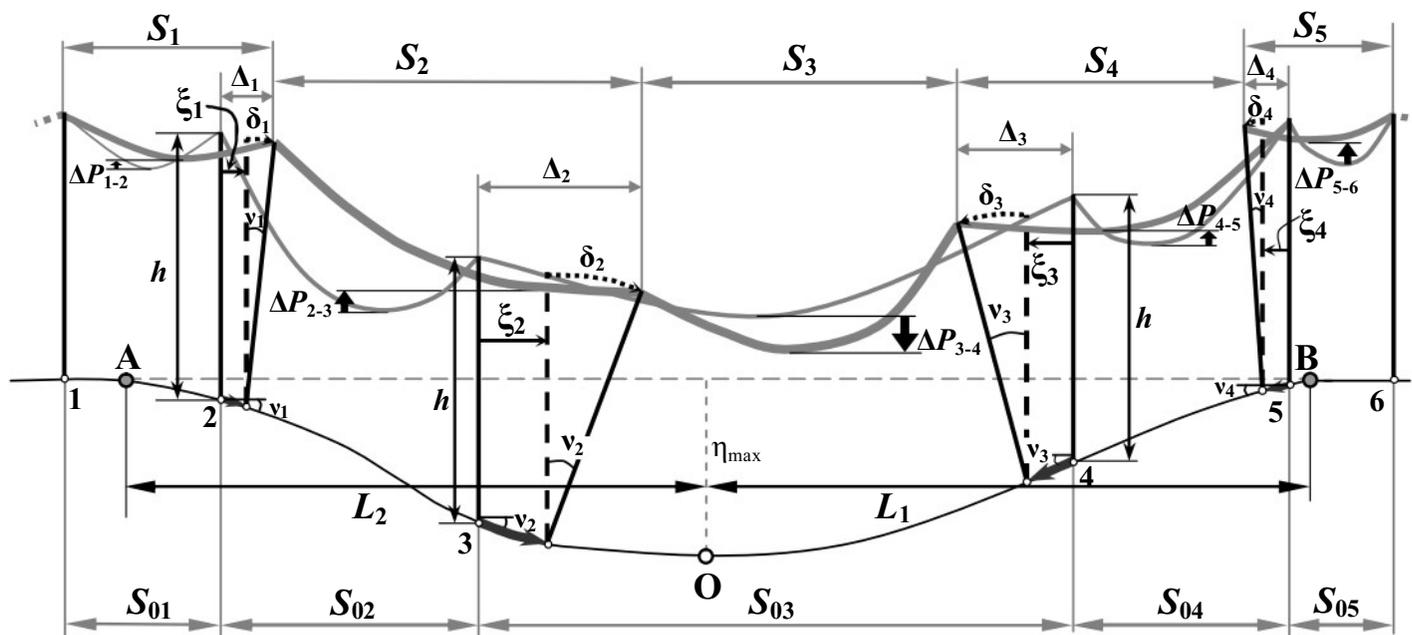


Рис. 1. Изменение провеса проводов ЛЭП (ΔP_{2-3} , ΔP_{3-4} , ΔP_{4-5} , ΔP_{5-6}) вследствие действия горизонтальных деформаций и наклонов на площадках установки опор:

$\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ – горизонтальные сдвиги площадок установки опор ЛЭП; v_1, v_2, v_3, v_4 – углы наклона опор ЛЭП вследствие наклонов площадок их установки; $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ – смещение опор, вследствие действия деформаций наклонов; $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ – суммарное смещение опор вследствие действия наклонов и горизонтальных сдвигов; $S_{01}, S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{05}$ – расстояния между точками подвеса проводов к опорам ЛЭП до их подработки; S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 – то же, но после их подработки; h – высота точки подвеса проводов к опоре ЛЭП; L_1, L_2 – полумульды вкрест простирания пласта, соответственно по падению и восстанию; А, В – граница мульды сдвижения; О – точка максимального оседания (η_{\max})

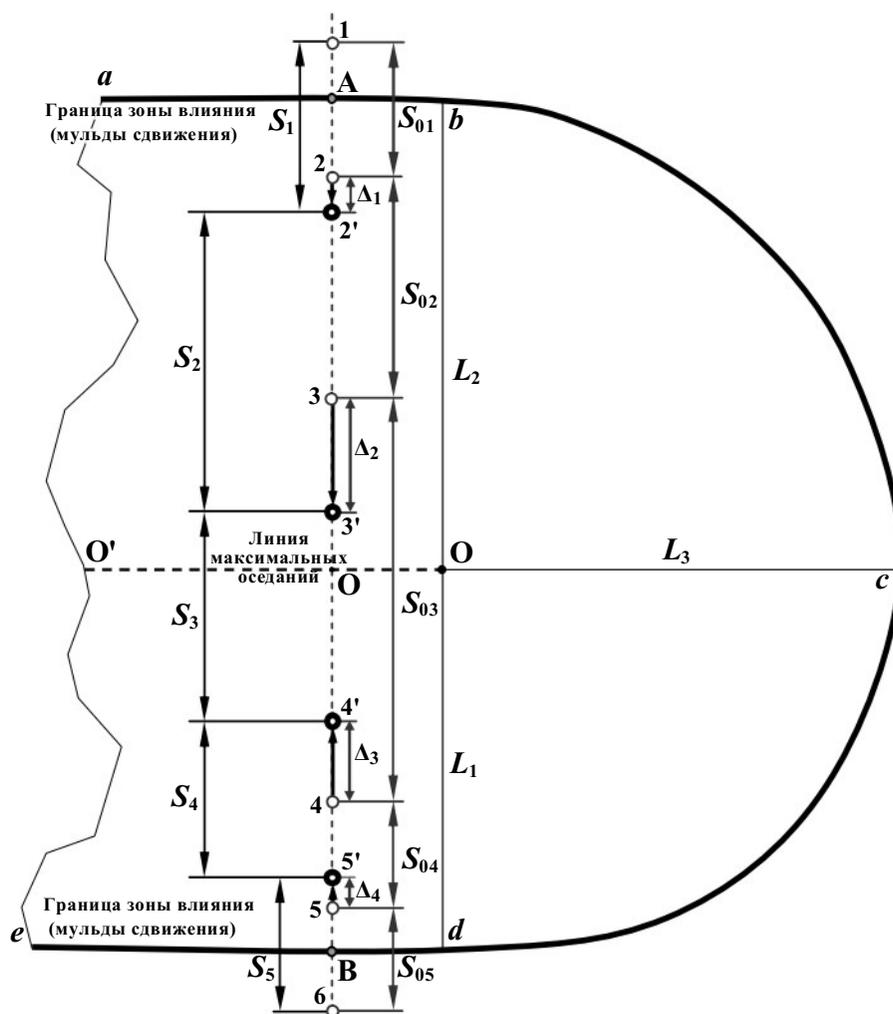


Рис. 2. Перпендикулярно расположенная по отношению к границе зоны влияния (мульды сдвижения) ЛЭП, показанная на рис. 1:

ОО' - линия максимального оседания; L_3 - размер полумульды по простиранию пласта (рудной залежи) или на разрезе вдоль оси тоннеля (подземной станции метро); о - опоры ЛЭП до подработки; ● - опоры ЛЭП после подработки; точки А и В, точка О, $L_1, L_2, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, S_{01}, S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{05}, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ – то же, что на рис. 1

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Смещения опор, расположенных в границах мульды сдвижения (АОВ на рис.1, *abcde* на рис.2), как результат суммарного воздействия горизонтальных сдвижений и наклонов определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \xi_1 + \delta_1; \\ \Delta_2 &= \xi_2 + \delta_2; \\ \Delta_3 &= \xi_3 + \delta_3; \\ &\dots \\ \Delta_j &= \xi_j + \delta_j, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_j$ – соответственно общее смещение опор 1, 2, 3, ..., j в зоне влияния горных работ (рис. 1, 2); $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots, \xi_j$ – соответственно смещение опор 1, 2, 3, ..., j вследствие действия горизонтальных сдвижений; $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_j$ – соответственно смещение опор 1, 2, 3, ..., j вследствие действия деформаций наклонов (рис. 1). Величины $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots, \xi_j$ определяются из прогнозных расчётов сдвижений и деформаций на площадках установки опор.

Смещение от действия деформаций наклонов определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= h \cdot i_1 = h \cdot \operatorname{tg} v_1; \\ \delta_2 &= h \cdot i_2 = h \cdot \operatorname{tg} v_2; \\ \delta_3 &= h \cdot i_3 = h \cdot \operatorname{tg} v_3; \\ &\dots \\ \delta_j &= h \cdot i_j = h \cdot \operatorname{tg} v_j, \end{aligned} \quad (4)$$

где h – высота точки подвеса провода к опоре; $i_1, i_2, i_3, \dots, i_j$ наклоны участков установки опор 1, 2, 3, ..., j , определяемые по прогнозным расчётам и равные наклону мачт этих же опор; $v_1, v_2, v_3, \dots, v_j$ – углы наклона опор 1, 2, 3, ..., j , определяемые как

$$\begin{aligned} v_1 &= \operatorname{arctg}(i_1); \\ v_2 &= \operatorname{arctg}(i_2); \\ v_3 &= \operatorname{arctg}(i_3); \\ &\dots \\ v_j &= \operatorname{arctg}(i_j). \end{aligned} \quad (5)$$

Прогнозные величины горизонтальных сдвижений (ξ_j) и наклонов (i_j) можно получить либо методом типовых кривых [1, 3], либо численным моделированием деформационных процессов методом конечных элементов (программный комплекс PLAXIS), либо аналитическими методами, основанными на классических решениях механики сплошной среды [4].

В программной среде автоматизированного проектирования, например AutoCAD, осуществляют

построение границы мульды сдвижения, наносится положение опор ЛЭП. Затем определяют расстояние между этими опорами ЛЭП $S_{01}, S_{02}, \dots, S_{05}$, соответствующее расстояниям между точками подвеса проводов к опорам ЛЭП 1–2, 2–3, 3–4, 4–5, 5–6 до их подработки (рис. 2, 3). От этих опор ЛЭП, расположенных в пределах мульды сдвижения, откладывают в этой программной среде от соответствующих опор в направлении действия векторов горизонтальных сдвижений, используя известную закономерность распределения направлений векторов горизонтальных сдвижений в мульде, рассчитанные по формуле (3) смещения опор $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_j$ в направлении действия векторов горизонтальных сдвижений. В пределах зоны мульды сдвижения *abde* (рис. 2, 3) векторы горизонтальных сдвижений имеют направление к линии максимальных оседаний OO' (рис. 2, 3) под 90° к ней. В зоне мульды сдвижения *bodc* указанные векторы направлены к точке O (рис. 2, 3). В соответствии с этим в среде AutoCAD, откладывая в соответствующем направлении рассчитанные смещения опор (Δ_j), определяется новое положение подрабатываемых опор 1', 2', 3', 4', 5', откуда находится расстояние между опорами ЛЭП S_1, S_2, \dots, S_5 , соответствующее расстояниям между точками подвеса проводов к опорам ЛЭП 1'–2', 2'–3', 3'–4', 4'–5', 5'–6' после их подработки (рис. 2, 3). Отсюда увеличение или уменьшение расстояния между точками подвеса проводов к опорам или приращение, увеличивающее (уменьшающее) это расстояние, вследствие смещения опор от подработки, определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta S_1 &= S_1 - S_{01}; \\ \Delta S_2 &= S_2 - S_{02}; \\ \Delta S_3 &= S_3 - S_{03}; \\ &\dots \\ \Delta S_j &= S_j - S_{0j}. \end{aligned} \quad (6)$$

Если $S_j > S_{0j}$, то $\Delta S_j > 0$ (со знаком «+»), то есть стрела провиса поднимется за счёт увеличения расстояния между опорами ЛЭП. Если $S_j < S_{0j}$, то $\Delta S_j < 0$ (со знаком «-»), то есть стрела провиса опустится за счёт уменьшения расстояния между опорами ЛЭП.

Далее определяют изменения провиса проводов в сторону опускания или поднятия через расчёт величины провиса опускания или поднятия точки максимального провиса проводов в пролёте между опорами в результате их подработки, которые в свою очередь определяются через приращение расстояний между точками подвеса проводов к опорам ΔS_j по формулам (6). Принципиальное определение величины изменения провиса проводов показано на схеме (рис. 4) [5].

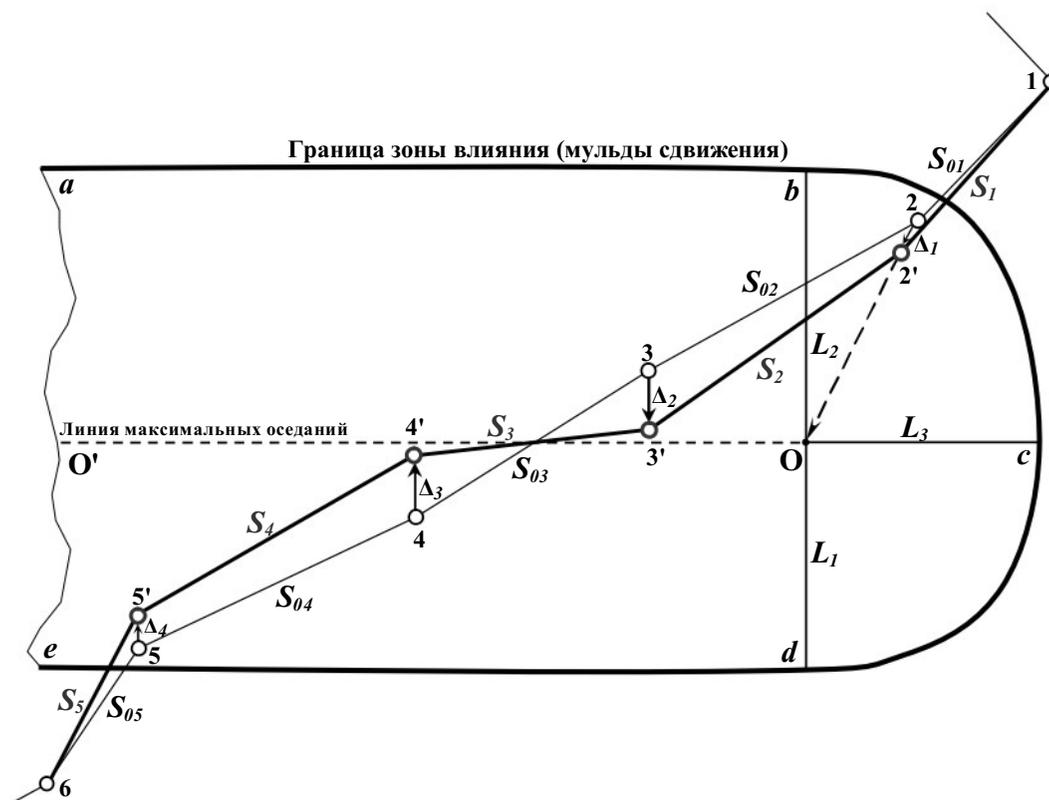


Рис.3. Схема к определению изменения расстояний между опорами ЛЭП, диагонально расположенной относительно границ зоны влияния подземной разработки или строительства подземных сооружений метро: обозначения те же, что на рис. 1 и 2

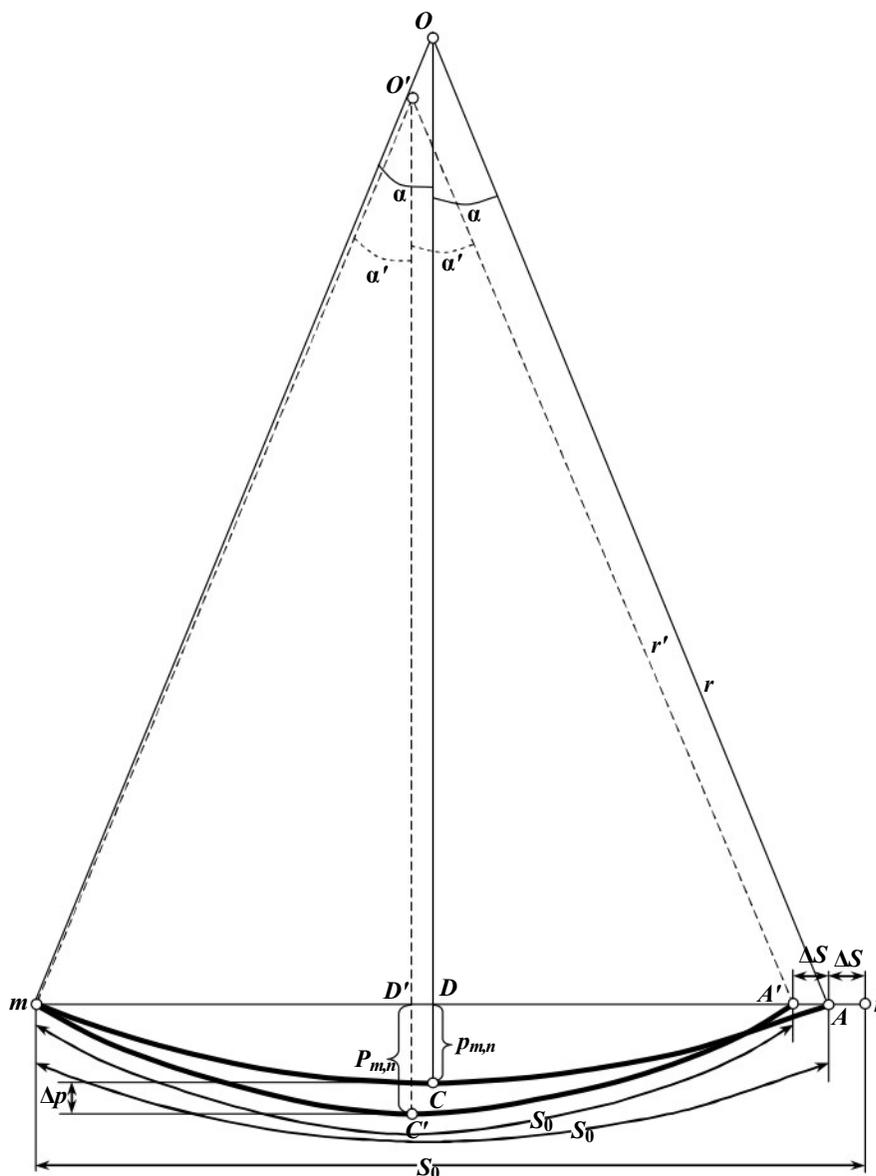


Рис. 4. Схема к расчёту изменения провиса проводов между опорами ЛЭП

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

На этой схеме расстояние между опорами m и n составляет S_0 . При изменении в сторону уменьшения этого расстояния на ΔS провод займёт положение дуги ACm радиусом r . В результате образуется относительно mn максимальный провис $p_{m,n}$ (рис.4), который можно определить, как

$$p_{m,n} = OC - OD = r - r \cdot \cos \alpha = r (1 - \cos \alpha).$$

В силу малости угла α :

$$1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha^2}{2}.$$

$$\text{Тогда } p_{m,n} = \frac{r\alpha^2}{2}.$$

Кроме того

$$S_0 = 2 \cdot r \cdot \alpha; \quad Am = 2 \cdot r \cdot \sin \alpha.$$

Тогда можно записать, что

$$\Delta S = S_0 - Am = 2r \cdot (\alpha - \sin \alpha).$$

Разложив $\sin \alpha$ в ряд и ограничившись двумя

первыми членами, получим $\sin \alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{6}$.

Следовательно

$$\Delta S = 2r \cdot \left(\alpha - \alpha + \frac{\alpha^3}{6} \right) = \frac{r \cdot \alpha^3}{3}$$

или

$$\Delta S = \frac{r^2 \alpha^4}{3r\alpha} = \frac{4p_{m,n}^2}{3r\alpha} = \frac{4p_{m,n}^2}{3 \left(\frac{S_0}{2} \right)}.$$

Окончательно имеем

$$\Delta S = \frac{8p_{m,n}^2}{3S_0}.$$

Отсюда можно определить провис, соответствующий уменьшению расстояния между опорами m и n на величину ΔS (рис.4):

$$p_{m,n} = \sqrt{\frac{3 \cdot \Delta S \cdot S_0}{8}}. \quad (7)$$

Для прогноза, насколько увеличится провис при уменьшении расстояния между опорами m и n на величину ΔS (т.е. определить приращение провиса от уменьшения расстояния между опорами на величину ΔS), необходимо определить провис при уменьшении расстояния между опорами m и n ещё на величину ΔS . В результате провис станет (рис.4):

$$P_{m,n} = \sqrt{\frac{3 \cdot (2 \cdot \Delta S) \cdot S_0}{8}}. \quad (8)$$

Тогда приращение или изменение провиса вследствие уменьшения расстояния между рассматриваемыми опорами m и n составит (рис.4):

$$\Delta p = P_{m,n} - p_{m,n}.$$

Таким образом, используя (7) и (8), величину изменения провиса (ΔP_{1-2} , ΔP_{2-3} , ΔP_{3-4} , ΔP_{4-5} , ΔP_{5-6} на рис.1) между соседними опорами относительно исходного состояния получают по следующей расчётной схеме:

- определяют величину провиса проводов между подрабатываемыми опорами ЛЭП 1, 2, ..., j (рис.1-3) от полученных приращений расстояний в сторону увеличения или уменьшения $\Delta S_1, \Delta S_2, \dots, \Delta S_j$ между точками подвеса проводов к ним вследствие действия горизонтальных сдвижений и наклонов:

$$\begin{aligned} p_1 &= \sqrt{\frac{3 \cdot |\Delta S_1| \cdot S_{01}}{8}}; \\ p_2 &= \sqrt{\frac{3 \cdot |\Delta S_2| \cdot S_{02}}{8}}; \\ &\dots \\ p_j &= \sqrt{\frac{3 \cdot |\Delta S_j| \cdot S_{0j}}{8}}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $S_{01}, S_{02}, \dots, S_{0j}$ - расстояние между опорами ЛЭП до их подработки (рис.1-3);

- определяют величину провиса проводов между теми же подрабатываемыми опорами ЛЭП, но при удвоенном приращении расстояний в сторону увеличения или уменьшения между точками подвеса проводов к ним $2\Delta S_1, 2\Delta S_2, \dots, 2\Delta S_j$:

$$\begin{aligned} P_1 &= \sqrt{\frac{3 \cdot |2 \cdot \Delta S_1| \cdot S_{01}}{8}}; \\ P_2 &= \sqrt{\frac{3 \cdot |2 \cdot \Delta S_2| \cdot S_{02}}{8}}; \\ &\dots \\ P_j &= \sqrt{\frac{3 \cdot (|2 \cdot \Delta S_j|) \cdot S_{0j}}{8}}; \end{aligned} \quad (10)$$

- величина изменения провиса точки максимального провисания пролёта проводов между опорами ЛЭП в сторону поднятия или опускания, вследствие соответственно увеличения или уменьшения расстояний между точками подвеса проводов к опорам ЛЭП, определяют по формулам:

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

$$\begin{aligned} \Delta P_1 &= P_1 - p_1; \\ \Delta P_2 &= P_2 - p_2; \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta P_j &= P_j - p_j. \end{aligned} \quad (11)$$

Если в формулы (9) и (10) при прогнозных расчётах подставлять уменьшение расстояний между точками подвеса проводов к опорам ЛЭП (т.е. подставлять значение приращения ΔS_j , полученное со знаком «-»), то получаемая величина ΔP_j из выражений (11) будет являться изменением провиса точки максимального провисания пролёта проводов между опорами ЛЭП в сторону опускания. Если в (9) и (10) подставлять увеличение расстояний между точками подвеса проводов к опорам ЛЭП (т.е. подставлять значение приращения ΔS_j , полученное со знаком «+»), то величина ΔP_j , получаемая из выражений (11), будет являться изменением провиса точки максимального провисания пролёта проводов между опорами ЛЭП в сторону поднятия.

Таким образом, изменение провиса в сторону опускания определяют по сближению точек подвеса проводов к траверсам соседних опор, а в сторону поднятия – по удалению точек подвеса проводов, при этом сближение или удаление определяют с учётом знака по суммарному воздействию наклонов и горизонтальных сдвижений на опоры на площадках их установки по прогнозными расчётами сдвижений и деформаций.

Преимуществом способа является возможность точного и достоверного прогноза величин сближения-удаления подрабатываемых опор ЛЭП от суммарного воздействия горизонтальных сдвижений и наклонов, на основе которого определяются изменения провиса проводов в сторону поднятия или опускания точек максимального провисания пролёта проводов между опорами ЛЭП, по величинам которых оценивается степень натяжения проводов. В результате для уча-

стков ЛЭП, попавших в зону влияния подземных горных работ или строительства подземных сооружений (тоннелей, подземных станций метро, коллекторов и др.), можно выделить наибольшие изменения провиса в сторону поднятия или опускания точек максимального провисания пролётов проводов между опорами ЛЭП, соответствующие увеличению или уменьшению натяжения проводов между ними, оценить углы наклона опор, что актуально для оперативного решения вопросов по выправлению наклона опор, перетяжке проводов, не допуская их обрыва от перенатяжения или опускания точек максимального провиса пролёта проводов между опорами ЛЭП до опасного расстояния до наземных объектов (зданий, сооружений) или земной поверхности.

Литература

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. /Минтопэнерго РФ. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой науч. Центр ВНИМИ. – СПб., 1998. 290 с.
2. Пособие по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горнопроходческих работ при строительстве метрополитена. / Всесоюз. науч.-исслед. и проектный ин-т галургии. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т горной геомеханики и маркшейд. дела. Ленметрострой. – Л., Стройиздат, 1973. 69 с.
3. Волохов Е.М., Нгуен Суан Бак, Е.С. Рожнов. Расчёт деформаций земной поверхности в любом сечении мульды сдвижения на основе аналитического задания типовой кривой. Маркшейдерский вестник, № 3, 2012 г. С. 44 – 49.
4. Муллер Р.А. Влияние горных выработок на деформацию земной поверхности. М.: Углетехиздат, 1958. 76 с.
5. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов/Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов и др. – 3-е изд., перераб. и доп. М., «Недра» 1981. 704 с.

Владимир Николаевич Гусев, д.т.н, профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела;
Евгений Михайлович Волохов, к.т.н., доцент кафедры маркшейдерского дела;
Нгуэн Суан Бак (Вьетнам), аспирант кафедры маркшейдерского дела;
Сергей Юрьевич Новоженин, аспирант кафедры маркшейдерского дела
(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», тел. (812) 328-82-59)

В.Н.Гусев, Е.М.Волохов, Н.С.Бак, С.Ю.Новоженин

РАСЧЁТ ОЖИДАЕМЫХ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ОТ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ МЕТРО В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ г.ХОШИМИНА

Представлена методика прогноза сдвижений и деформаций, разработанная на основе типовых кривых, выраженных аналитически, для условий строительства тоннелей метро в четвертичных отложениях г. Хошимин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: типовая кривая; оседания; наклоны; кривизна; переходные функции; горизонтальные сдвижения и деформации.

Решение вопросов безопасного строительства подземных сооружений метро (транспортных тоннелей, подземных станций) под зданиями и сооружениями г.Хошимин предлагается осуществлять в соответствии и по аналогии с [1]. Основанием для этого послужило то, что, во-первых, в Правилах охраны [1] заложен огромный опыт подработки зданий и сооружений в основных угольных бассейнах Российской Федерации, основанный на длительных инструментальных наблюдениях и исследованиях воздействия деформаций земной поверхности от подработки на здания и сооружения, во-вторых, механизм воздействия внешних деформаций на конструкции зданий и сооружений не зависит от природы их возникновения. Условия безопасного строительства подземных сооружений метро в зонах его влияния на гражданские и промышленные здания, технологическое оборудование, транспортные сооружения, линии электрических передач (ЛЭП), санитарно-технические сети и другие объекты, выбор мер охраны для них устанавливаются сравнением расчётных показателей деформаций в пятне застройки рассматриваемых объектов с допустимыми и предельными показателями деформаций для этих объектов, которые в свою очередь являются интегральными показателями, учитывающими конструкцию зданий и сооружений, свойства и состояние грунтов, на которых они располагаются.

Для практического решения указанных задач разработан инженерный метод расчёта ожидаемых сдвижений и деформаций от строительства тоннелей в четвертичных отложениях г. Хошимина на основе метода типовых кривых, выраженных аналитически. В качестве типовой кривой оседаний использована показательно-степенная функция вида:

$$S(z) = (1 + az^2)e^{-bz^2}, \quad (1)$$

где $z=x/L$, L - длина полумульды, x - абсцисса рассматриваемой точки (начало координат в точке максимального оседания), e - основание натуральных логарифмов, a и b - коэффициенты, определяемые по значениям функции распределения оседаний $S(z)$, полученным из результатов геомеханического моделирования процессов сдвижений и деформаций от проходки тоннелей метро. Первая и вторая производные функции распределения оседаний по z , определяющие наклон и кривизну, будут иметь вид:

$$S'(z) = 2az \cdot e^{-bz^2} - 2(1 + az^2)bz \cdot e^{-bz^2}; \quad (2)$$

$$S''(z) = 2a \cdot e^{-bz^2} - 8az^2b \cdot e^{-bz^2} - 2(1 + az^2)b^2z^2 \cdot e^{-bz^2} + 4(1 + az^2)b^2z^2 \cdot e^{-bz^2}. \quad (3)$$

Гео механическое моделирование осуществлялось методом конечных элементов в программе *PLAXIS 2D*. Моделировалась проходка тоннеля в четвертичных отложениях г.Хошимин на проектной (25 м) и других глубинах, с проектным (6.1 м) и другими диаметрами. Местоположение и мощности слоёв четвертичных отложений, их физико-механические свойства закладывались в модель по данным опробования геологоразведочных скважин, пробуренных на участках строительства тоннелей.

Численные значения $S(z)$ для проектного диаметра тоннеля (6.1 м) и глубины (25 м) были получены, исходя из результатов моделирования, следующим образом. Полумульду делили на 30 равных частей ($i=1...30$). В каждой точке деления находили величину оседания η_i и отношение η_i/η_m (η_m - максимальное оседание рассматриваемой модели). Каждое значение $\eta_i/\eta_m = S(z)_i$ соответствует определённой точке полумульды с координатой $z_i=x_i/L$. Полученная таким образом функция распределения оседаний принималась в качестве типовой функции для условий строительства тоннелей в г. Хошимин, используя которую были получены коэффициенты a и b . Так для проектных диаметра тоннеля (6.1 м) и глубины его заложения (25 м) $a=0$, $b=9,8491$. Надо отметить тот факт, что при моделировании проходки тоннелей диаметрами 5.5 м÷10.7 м тоже получалось, что коэффициент $a=0$ при различном коэффициенте b для разных диаметров тоннелей. Отсюда следует, что структура формул (1) - (3) после подстановки $a=0$ примет следующий, более компактный, вид:

$$S(z) = e^{-bz^2}; \quad (4)$$

$$S'(z) = -2bz \cdot e^{-bz^2}; \quad (5)$$

$$S''(z) = -2b \cdot e^{-bz^2} + 4b^2z^2 \cdot e^{-bz^2}. \quad (6)$$

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Оседание $\eta(z)$, наклоны $i(z)$ и кривизну $k(z)$ земной поверхности в точках главных сечений мульды сдвижения через полученные типовые кривые можно выразить так:

$$\eta(z) = \eta_{max} \cdot S(z); \quad (7)$$

$$i(z) = \frac{\eta_{max}}{L} S'(z); \quad (8)$$

$$k(z) = \frac{\eta_{max}}{L^2} S''(z), \quad (9)$$

где η_{max} – максимальное оседание земной поверхности (определяется по геомеханической модели); $S(z)$ – функция типовой кривой оседания, определяемая по формуле (4); $S'(z)$, $S''(z)$ – первая и вторая производные функции $S(z)$ по z (см. формулы (5) и (6)); $z=x/L$ – текущая координата точек в относительных величинах в полумульдах главных сечений мульды (это сечение, перпендикулярное оси тоннеля, либо по оси тоннеля); x – расстояния от точки максимального оседания (начала координат) до рассматриваемых точек, соответственно в полумульдах главных сечений мульды; L – длина полумульды.

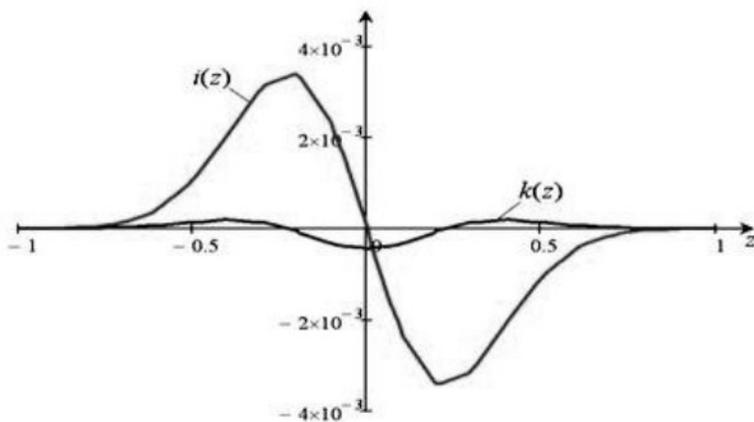


Рис.1. Графики наклонов и кривизны, полученные по типовой кривой, выраженной аналитически

Полученные по формулам (8) и (9) расчётные значения наклонов и кривизны и их распределение в мульде сдвижения от проходки тоннеля проектным диаметром 6.1 м и на проектной глубине 25.0 м в четвертичных отложениях г.Хошимина представлено на рис.1.

Сравнительный анализ приведённых распределений наклонов и кривизны с соответствующими распределениями, полученными при моделировании геомеханических процессов строительства тоннелей в рассматриваемых условиях, показал следующее. Среднее квадратическое отклонение кривой наклона, полученной по формуле (8), от наклонов, полученных по мульде сдвижения модели, составило $m_i=0.3 \cdot 10^{-3}$. По аналогии, среднее квадратическое отклонение кривизны, определяемой по формуле (9), от кривизны, получаемой по мульде сдвижений модели, соста-

вило $m_k = 0.04 \cdot 10^{-3}$ 1/м. Визуализация степени совпадения наклонов и кривизны, полученных из типовой кривой (4), с полученными по мульде сдвижения модели представлена на рис. 2 и 3.

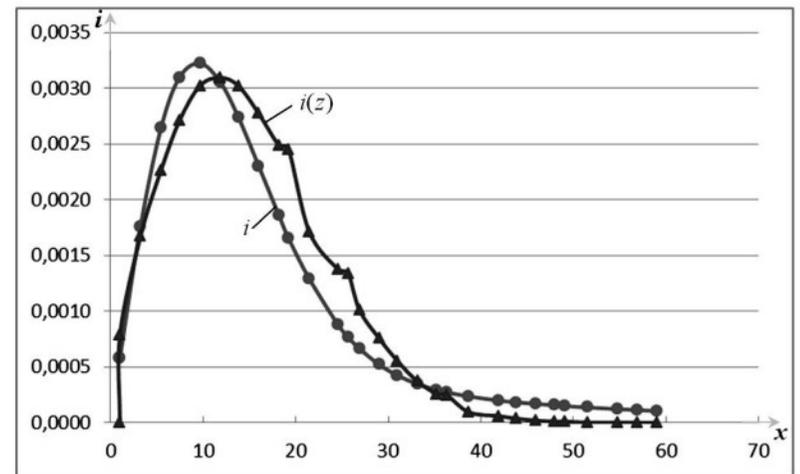


Рис.2. Сравнение графика наклонов, полученных по мульде сдвижений модели i , с графиком наклонов, полученных по типовой кривой, выраженной аналитически $i(z)$

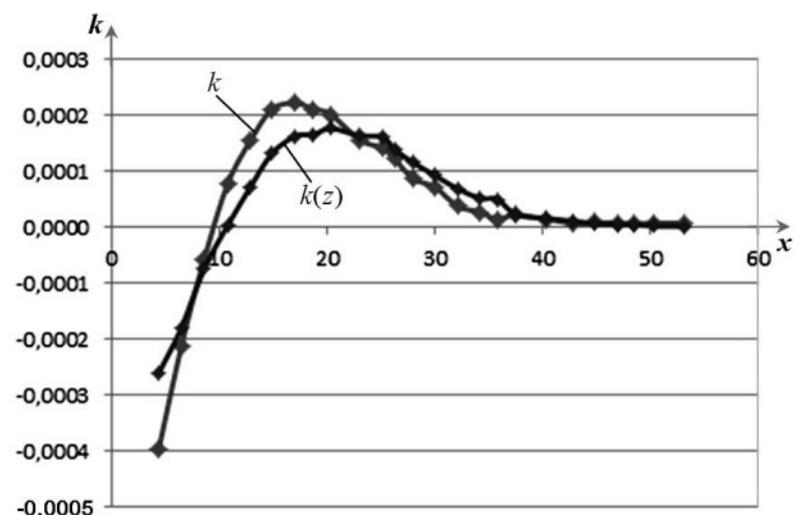


Рис.3. Сравнение графика кривизны, полученной по мульде сдвижений модели k , с графиком кривизны, полученной по типовой кривой, выраженной аналитически $k(z)$

При распределении сдвижений и деформаций в мульде наблюдается аналогия в качественном распределении между наклонами и горизонтальными сдвигами, между кривизной и горизонтальными деформациями. Качественное сходство обусловлено внутренним единством геомеханической взаимосвязи между разными видами деформаций, являющимися отражением одного и того же процесса. Выпуклая часть образовавшейся мульды сдвижения соответствует кривизне выпуклости, что в свою очередь соответствует горизонтальным деформациям растяжения. Вогнутая часть мульды сдвижения соответствует кривизне вогнутости, которая соответствует горизонтальным деформациям сжатия. Используя это свойство распределения деформаций в мульде сдвиже-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

ний, предлагается горизонтальные сдвигения $\xi(z)$ получать через переходную функцию наклонов, горизонтальные деформации $\varepsilon(z)$ – через переходную функцию кривизны.

Переходная функция наклонов $F(i(z))$, определяющая значения горизонтальных сдвигов $\xi(z)$ в мульде сдвига, имеет следующую структуру:

$$\xi(z) = F(i(z)) = 0.0053 \cdot (S'(z))^3 + 0.0221 \cdot (S'(z))^2 + 0.0305 \cdot S'(z) - 0.015,$$

где $S'(z) = \frac{L}{\eta_{max}} \cdot i(z)$ (см. формулу (8)).

Отсюда

$$\xi(z) = 0.0053 \cdot \left(\frac{L}{\eta_{max}} \cdot i(z)\right)^3 + 0.0221 \cdot \left(\frac{L}{\eta_{max}} \cdot i(z)\right)^2 + 0.0305 \cdot \frac{L}{\eta_{max}} \cdot i(z) - 0.015. \quad (10)$$

Среднее квадратическое отклонение горизонтальных сдвигов $\xi(z)$, получаемых по формуле (10), от полученных по модели ξ составило $m_\xi = 0.007$ м. Для сравнения на рис. 4 приведены графики распределения $\xi(z)$ и ξ в полумульде сдвига.

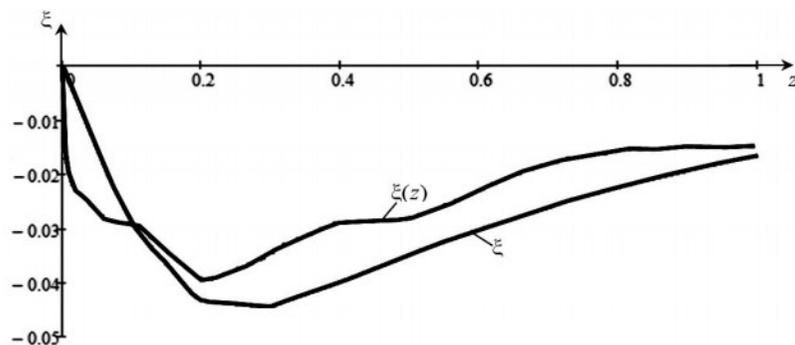


Рис.4. Сравнение графика горизонтальных сдвигов (ξ), полученных по модели, с графиком горизонтальных сдвигов, полученных по типовой кривой через переходную функцию ($\xi(z)$)

Переходная функция кривизны $F(k(z))$, определяющая значения горизонтальных деформаций $\varepsilon(z)$ в мульде сдвига, имеет следующую структуру:

$$\varepsilon(z) = F(k(z)) = 0.0191 \cdot S''(z) - 0.0251,$$

где $S''(z) = \frac{L^2}{\eta_{max}} \cdot k(z)$ (см. формулу (9)).

Отсюда

$$\varepsilon(z) = 0.0191 \cdot \frac{L^2}{\eta_{max}} \cdot k(z) - 0.0251. \quad (11)$$

Среднее квадратическое отклонение значений деформаций, получаемых по формуле (11), от получаемых по модели составило $m_\varepsilon = 0,06 \cdot 10^{-5}$. Для сравнения на рис. 5 приведены два графика: график функции определения горизонтальных деформаций $\varepsilon(z)$, полученный на основе использования типовой кривой (11), и график функции ε , полученный по данным моделирования.

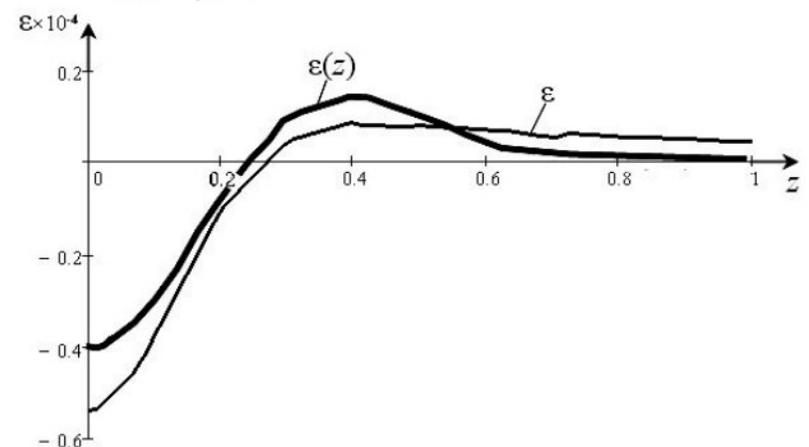


Рис.5. Сравнение графика горизонтальных деформаций ε , полученных по модели, с графиком горизонтальных деформаций $\varepsilon(z)$, полученных по типовой кривой через переходную функцию

Разработанный инженерный метод прогноза сдвигов и деформаций даёт возможность оперативно решать вопросы, связанные с безопасностью строительства проектируемых линий метро в четвертичных отложениях г. Хошимин под плотной городской застройкой.

Литература

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. СПб: ВНИМИ, 1998. 291 с. (Минтопэнерго РФ. РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела - Межотраслевой науч. центр ВНИМИ).

Владимир Николаевич Гусев, д.т.н, профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела;

Евгений Михайлович Волохов, к.т.н., доцент кафедры маркшейдерского дела;

Нгуэн Суан Бак (Вьетнам), аспирант кафедры маркшейдерского дела;

Сергей Юрьевич Новоженин, аспирант кафедры маркшейдерского дела

(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», тел. (812) 328-82-59)

ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФОРМОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ УЧАСТКОВ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Продемонстрированы возможности высокоточных, непрерывных аппаратурных (деформометрических) измерений для выявления зон потенциальной геодинамической опасности. По результатам многолетних непрерывных деформометрических измерений в специально оборудованных штольнях получены уникальные данные об анизотропии напряженно-деформированного состояния недр. Выявлена доминирующая роль разломных зон различного типа и порядка в формировании локального аномального напряженно-деформированного состояния геологической среды. Полученные результаты имеют важное научно-практическое значение при постановке систем маркшейдерско-геодезического контроля для обеспечения безопасного недропользования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: деформометрические наблюдения; разломные зоны; геодинамическая опасность; земноприливные деформации.



Непрерывные аппаратурные (деформометрические и наклономерные) измерения входят, наряду с геодезическими, в систему геодинамического мониторинга, проводимого на участках проектирования, строительства и эксплуатации особо ответственных и экологически опасных объектов. Безопасное функционирование таких объектов регламентируется нормативными документами, в которых определены предельно допустимые величины скоростей деформаций и уровень накопленных деформаций за определенный период.

В «Положении о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр», утвержденным постановлением Госгортехнадзора России от 22 мая 2001 г., №18 (РД 07 – 408-01), предписано, геологическим и маркшейдерским службам недропользователей, осуществлять изучение геодинамических процессов.

В «Критериях оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия», которые утверждены Роскомэкологией 30 ноября 1992 г., к зонам чрезвычайной экологической ситуации относятся территории, в пределах которых скорости деформаций превышают 10^{-5} в год, а величина накопленных деформаций 10^{-5} достигается в течение 15-30 лет.

При интерпретации результатов аппаратурных измерений возникает вопрос о представительности полученных величин из-за малой измерительной базы. Однако, многолетние измерения горизонтальных деформаций, выполненные на различных по геологическому строению участках, показали реальность регистрации единого тектонического процесса в пределах обширного региона (Гармский полигон, Восточно-Европейская платформа) [1]. Аппаратурные методы в силу непрерывности измерений во времени и высокой чувствительности позволяют отследить аномальный процесс в начале зарождения и прогнозировать дальнейшее его развитие.

Как отмечено выше, согласно нормативным документам, параметром, определяющим степень потенциальной опасности участка, считается скорость годовой деформации. Согласно результатам многолетних аппаратурных измерений ту же величину имеет амплитуда сезонной волны. Период последней со-

ставляет 365 суток. В разломах скорости горизонтальных деформаций и амплитуды сезонных волн составляют несколько единиц 10^{-5} . Для вертикальных компонент соответствующие величины на порядок больше. На прилегающих к разломным зонам участках деформация величиной несколько единиц 10^{-5} накапливается за период менее десяти лет, несмотря на цикличность деформационного процесса. Причем деформация такой величины накапливается не в зоне глубинного разлома в сейсмоактивном районе, а в окрестности геодинамической зоны, трассируемой вдоль русла ручья на территории асейсмичной платформы [2].

Рассмотрим некоторые результаты, полученные на Протвинском геодинамическом полигоне, подтверждающие сказанное. На рис.1 показаны геологические разрезы через две разломные зоны, разделяющие коровые блоки VII -VIII порядка (А) и IX-X порядка (Б). Зона А трассируется вдоль русла р. Протвы, имеет ширину около 700 м, заполнена осадочными породами. Известняки залегают на глубине 40 м. Внутри блоков эта глубина равна 7-8 м. В пределах зоны отмечается неоднородность слоев слагающих пород. На расстоянии около 500 м от края зоны, на северном крыле (техплощадка) расположена базовая станция (Протвино), где непрерывно в течение 45 лет проводятся измерения горизонтальных деформаций.

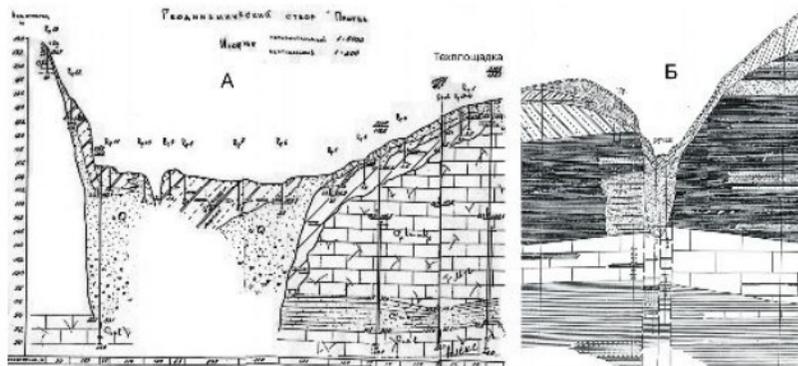


Рис.1. Геологические разрезы:

А– через зону, разделяющую блоки VII и VIII порядка, Б–через зону, разделяющую блоки IX и X порядка. Разрезы выполнены сотрудниками экспедиции № 1 Государственного специализированного института (ГСПИ)

Зона (Б) трассируется по руслу ручья. Ширина зоны около 100 м. Отчетливо просматривается неоднородность слоев породы и смещение их по трещинам. Глубина залегания известняков в зоне составляет 35–40 м. На расстоянии около 50 м от края зоны

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

(Павловка) проводились наблюдения за горизонтальными деформациями и вертикальными смещениями земной поверхности. На рисунке месторасположение станции обозначено прямоугольником.

На рис.2 дан график хода горизонтальных деформаций за период 11 лет на этих станциях. Основной периодический процесс представляет сезонная волна деформации, которая в зависимости от глубины измерений имеет термическую (Павловка, глубина 5 м) или термоупругую (Протвино, глубина 17 м) природу. Результирующая деформация на обеих станциях соответствует растяжению породы. Масштабы кривых разнятся на 1.5 порядка. В зоне действия разлома (Павловка) среднегодовая скорость деформации и амплитуда сезонной волны имеют величину 10^{-6} . В течение рассматриваемого периода скорость меняется от 10^{-5} до 10^{-6} . Накопленная за 11 лет деформация достигает $3 \cdot 10^{-5}$ при условии цикличности деформационного процесса. Таким образом, участок, расположенный на асейсмичной платформе, удаленный от края разломной зоны на половину ее ширины в однородных ненарушенных породах (верейские глины), представляет согласно нормативным документам потенциальную опасность, т.е. находится в пределах влияния разлома. Определить это оказалось возможным посредством непрерывных высокоточных деформометрических измерений.



Рис.2. Ход горизонтальных деформаций земной поверхности на двух станциях Протвинского полигона в течение 11 лет

На участке станции Протвино среднегодовая скорость деформации равна $3 \cdot 10^{-7}$. Величина деформации, накопленной в течение 11 лет, составляет $3 \cdot 10^{-6}$. Таким образом, участок, удаленный от края зоны на расстояние примерно равное ее ширине, согласно скоростям и величинам накопленных деформаций определяется как стабильный. Эта стабильность сохраняется и в настоящее время. На рис.3 представлен ход деформаций на станции в двух направлениях СЮ и ВЗ за 10 лет (2000-2009 гг.). Деформационный процесс развивается однородно. Средние величины скорости и амплитуды сезонной волны равны $3 \cdot 10^{-7}$. Накопленная деформация составляет $3 \cdot 10^{-6}$. На этом и следующем графиках смещение, равное 10 мкм вертикальной шкалы, соответствует деформации $6 \cdot 10^{-7}$.

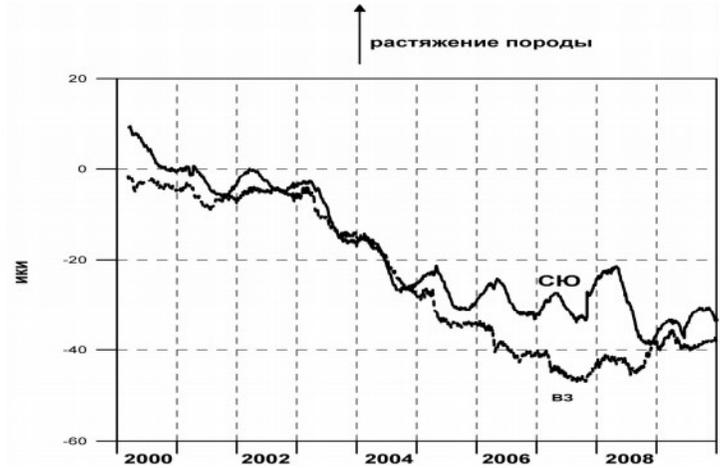


Рис.3. Ход деформаций земной поверхности (в мкм) на станции Протвино в направлениях СЮ и ВЗ за период 2000-2009 гг.

Результирующая деформация породы за приведенный период соответствует сжатию породы. Однако процесс не развивается однонаправленно. Это можно видеть на рис.4, где приведена составляющая деформационного хода, выделенная с помощью полиномов Лежандра 5-ой степени. Назовем ее медленной компонентной деформации.

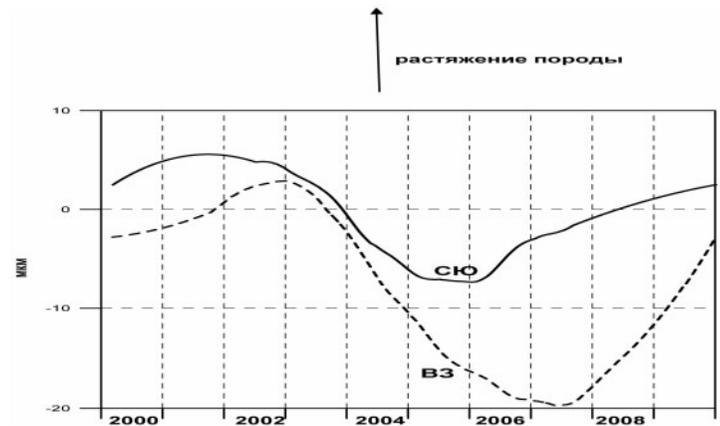


Рис.4. Медленная компонента деформационного хода (в мкм) на станции Протвино по двум направлениям СЮ и ВЗ за период 2000-2009 гг.

Как можно видеть, деформационный процесс развивается циклически. Длительность цикла около четырех лет. Максимальная скорость $6 \cdot 10^{-7}$. Таким образом, по принятым для оценки степени опасности участкам параметрам (на уровне деформаций $10^{-6} \div 10^{-7}$) территория расположения станции Протвино стабильна. В то же время расположенный в этом же блоке участок станции Павловка (рис.1,Б) находится в зоне влияния разлома и представляется потенциально опасным. В связи с этим отдельной задачей геодеформационного мониторинга представляется выявление скрытых (не выходящих на поверхность) тектонических нарушений. Для ее решения может быть эффективно применен метод земноприливных волн.

Приливные силы, вызванные притяжением Луны и Солнца, приводят к циклическому изменению вектора силы тяжести, смещению на земной поверхности, а также к сдвиговой и объемной деформации. Диапазон приливных периодов достаточно широк от третьсуточных до 11-летних и более. Периоды всех

волн известны с астрономической точностью, а амплитуды, рассчитываемые в рамках принятой модели упругой Земли, – с точностью до нескольких процентов.

Ответная реакция Земли на воздействия приливных сил зависит от упругих свойств окружающей породы. Амплитуды земноприливных волн измеряются нанострейнами (10^{-9}), представляют собой чувствительный индикатор изменения этих свойств и, следовательно, структурных особенностей изучаемого участка.

Перспективным направлением считается изучение временных вариаций параметров приливных волн, что важно для решения прогностических задач. Наблюдения в эпицентральных зонах отдельных сильных землетрясений выявили вариации амплитуд основных волн прилива величиной (10-15%) перед сейсмическими событиями [3,4]. При использовании материалов регистрации гравиметрами, деформометрами и наклономерами анализируются, как правило, волны с суточными и полусуточными периодами, т.к. они имеют максимальные амплитуды и для их выделения не обязательно требуются длительные (в несколько лет) ряды наблюдений. Максимальные амплитуды в этом диапазоне периодов имеют две волны: суточная O_1 и полусуточная M_2 . Выражения для них в двух основных направлениях СЮ и ВЗ записываются следующим образом.

	O_1	M_2
СЮ	$0.37689 A(h-4l) \sin 2\theta$	$0.90812 A(h \sin^2 \theta + 2l \cos 2\theta)$
ВЗ	$0.37689 A(h-2l) \sin 2\theta$	$0.90812 A[h \sin^2 \theta - 2l(1 + \sin^2 \theta)]$

Здесь A – константа, определяемая астрономическими параметрами, θ – дополнение до геоцентрической широты пункта наблюдений, h и l – упругие безразмерные константы, определяемые моделью Земли. Их глобальные значения 0.611 и 0.08 соответственно.

Таким образом, для любой точки Земли можно рассчитать теоретические (модельные) амплитуды компонент прилива. Сравнение наблюдаемых величин амплитуд с теоретическими позволяет оценить степень напряженного состояния участка.

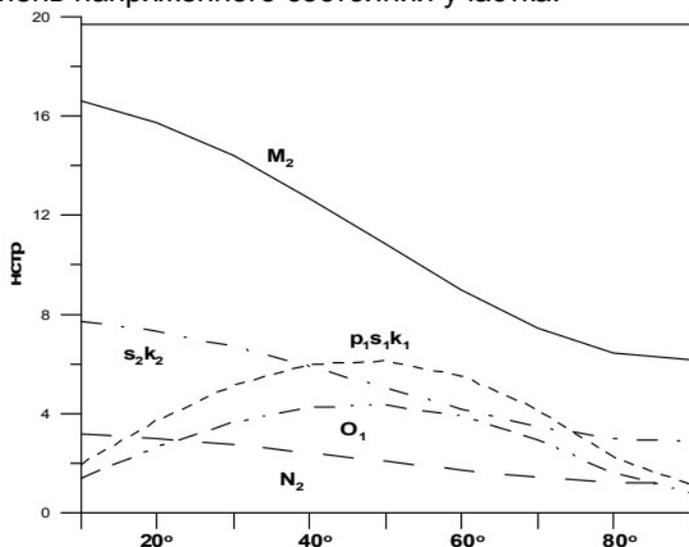


Рис.5. Изменение величины теоретических амплитуд основных гармоник горизонтальной компоненты СЮ земного прилива в зависимости от широты пункта наблюдения

Основную помеху при регистрации волн земного

прилива представляют температурные деформации, которые, как уже говорилось выше, в зависимости от глубины измерений имеют термическую или термоупругую природу. Наименее подвержена этим влияниям полусуточная волна M_2 в силу своего периода 12 час. 24 мин. Кроме того, в направлении СЮ ее амплитуда в несколько раз превышает амплитуды других волн на всех широтах от экватора до полюса (рис.5).

Полусуточные волны более чувствительны к изменениям упругих свойств породы, чем суточные. Поясним это на примере для двух основных волн M_2 и O_1 . Отношение разностей амплитуд (Δe), при изменении упругих параметров выразится следующим образом.

$$\frac{\Delta e_{M_2}}{\Delta e_{O_1}} = \frac{0.90812 [(h_1^2 - h_2^2) \sin^2 \theta + 2 \cos 2\theta (l_1 - l_2)]}{0.37689 \sin 2\theta [(h_1 - h_2) - 4(l_1 - l_2)]}$$

Примем начальные значения $h_1=0.6$, $l_1=0.08$ и предположим 10%-е их изменение, т.е. $h_2=0.54$, $l_2=0.072$. Тогда $\frac{\Delta e_{M_2}}{\Delta e_{O_1}}=2.3$, т.е. амплитуда волны M_2

более чем в два с лишним раза чувствительнее к изменению упругих свойств породы, чем O_1 .

Теоретическое обоснование влияния зоны разлома (неоднородности) на волновые амплитуды дал С.М.Молоденский [5]. Неоднородность представлена в виде прямоугольного параллелепипеда, одна из осей которого $y \rightarrow \infty$. Рассматривается сечение параллелепипеда плоскостью XZ. Поскольку аппаратные измерения проводятся на малых базах, которые по сравнению с протяженностью разлома можно принять за точку, данное приближение можно считать справедливым. Рассчитывается поправка к амплитуде теоретического прилива при условии уменьшения в неоднородности величин упругих модулей. На рис.6 представлены результаты расчета по решению данной задачи в виде кривых относительных поправок к амплитуде волны M_2 для горизонтальных деформаций. При этом использованы параметры для станции Протвино, которая расположена на расстоянии около 500 м от края межблоковой границы, трассируемой по руслу реки Протвы. Поправки рассчитаны на разных расстояниях от границы неоднородности в перпендикулярном к ней направлении. Расчет выполнен для трех вариантов. В вариантах 1 и 2 неоднородности, имея разные линейные размеры, выходят на поверхность, в варианте 3 неоднородность заглублена. Как можно видеть, волновая амплитуда резко уменьшается при переходе через границу неоднородности и затем возрастает, постепенно приближаясь к своему нормальному значению. В случае заглубленной неоднородности ее влияние распространяется на большее расстояние, чем поверхностной при тех же линейных размерах. Для станции Протвино при неоднородности, выходящей на поверхность, с параметрами картированной геодинамической зоны расчетные данные совпали с результатами, полученными из наблюдений, до 5%, когда при расчете принято 30% уменьшение упругих модулей внутри неоднородности [6]. Для данного примера при удалении от края неоднородности на 100 м уменьшение амплитуды составляет около 100%, далее на расстоянии 200 м умень-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

шение равно 60%, на 500 м – 20%. На расстоянии 1500 м (ширина зоны) волновая амплитуда в пределах точности становится равной теоретической.

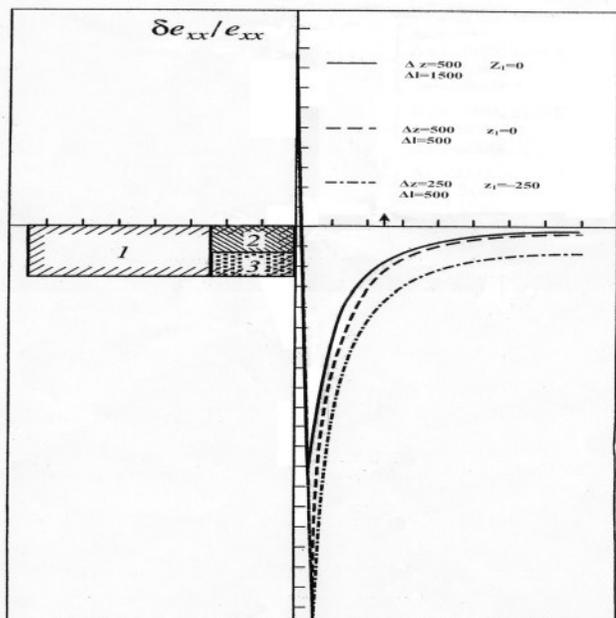


Рис. 6. Относительное изменение амплитуды волны M_2 при удалении от неоднородности в перпендикулярном к ней направлении

Масштаб: 1 дел. по оси x 100(м), по оси z 0.1 ↑—место расположения станции Протвино

Результаты деформометрических измерений в зонах разломов обнаруживают неплохое согласие с приведенными расчетами. Волновые амплитуды в зоне превышают модельные в отдельных случаях больше чем на 200%. По выходе из разлома они резко уменьшаются и при удалении возрастают, постепенно приближаясь к нормальному для данного пункта значению. В результате заниженное значение величины волновых амплитуд на исследуемом участке может свидетельствовать о наличии вблизи тектонического нарушения. Назовем эту территорию зоной действия тектонического разлома. Например, на станции Гарм, расположенной в 300 м от Сурхобского разлома, который представляет собой одно из звеньев глубинного Гиссаро-Кокшальского разлома, амплитуды волны M_2 занижены на 38% (СЮ) и на 60% (ВЗ) [7]. В то же время внутри Сурхобского разлома амплитуда M_2 в направлении СЮ завышена на 235% (станция Сари-Пуль рис.7).

Определенная часть зоны действия разлома по скоростям и накопленным за несколько лет величинам деформаций, как правило, представляет собой зону экологического риска. В качестве примера можем привести результаты измерений на участке Протвинского платформенного полигона (зона Б, рис.1). Величина накопленной за 11 лет горизонтальной деформации здесь составляет $3 \cdot 10^{-5}$, а вертикальной 10^{-4} . Амплитуда приливной волны M_2 занижена на участке на 30%.

Согласно данным деформометрических измерений, выполненных в различных тектонических условиях, на участках чрезвычайной экологической ситуации наблюдается занижение волновых амплитуд от 30% и выше. Породы на этих участках характеризуются повышенной жесткостью. Полученный резуль-

тат позволяет применить метод земноприливного анализа для обнаружения скрытых, не проявляющихся на поверхности тектонических нарушений.

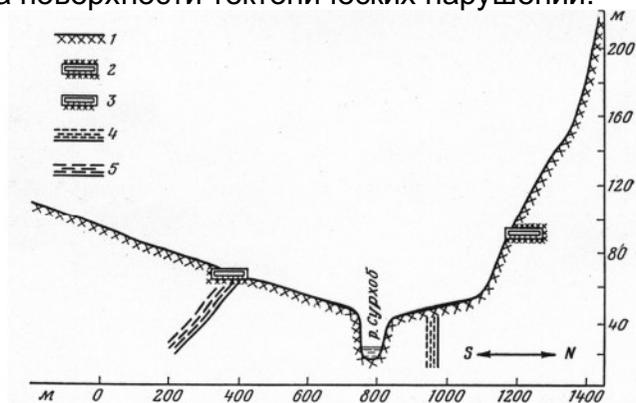


Рис.7. Гипсометрический профиль расположения двух станций на Гариском полигоне

1 - земная поверхность, 2 - штольня обсерватории Гарм, 3 - штольня станции Сари-Пуль, 4 - Сурхобский разлом, 5 - Вахшский надвиг

Примером могут служить результаты измерений в районе Нурекской ГЭС. Кварцевый деформометр был установлен в штольне в крутом склоне на левом берегу р.Вахш. Штольня пройдена в сильно трещиноватых песчаниках и алевролитах. Кроме трещин в массиве присутствуют зоны дробления пород шириной в несколько метров, заполненные перетертым материалом. По геологическим данным через весь массив трассировался тектонический разлом. Измерения деформаций проводились в течение пяти лет. Средняя скорость горизонтальной деформации $2.6 \cdot 10^{-5}$ и соответствует растяжению породы. Такая величина скорости наблюдается в пределах тектонических нарушений (в разломах). Т.е. по всем признакам станция должна находиться в зоне разлома. Однако, величина амплитуды земноприливной волны M_2 оказалась занижена на 206% по отношению к расчетной. Этот результат указывал на ближнее расположение тектонического нарушения, что подтвердилось более поздним инженерно-геологическим обследованием участка. Расположение разлома оказалось другим. Станция находилась вне разлома, но в зоне его действия, как показано на рис.8 [8].

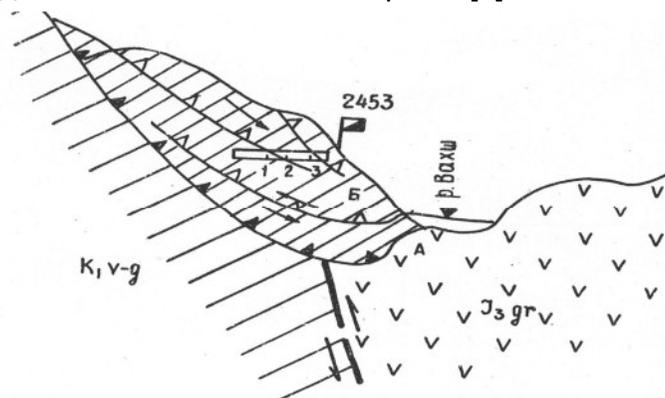


Рис.8. Геологическая схема участка проведения измерений в районе Нурекской ГЭС.

На схеме показана горизонтальная штольня, в которой был установлен деформометр. Стрелки показывают направление смещений породы по разлому

О наличии локального тектонического нарушения в пределах штольни обсерватории Обнинск свидетель-

ствуует заниженное значение волновой амплитуды M_2 в направлении СЮ на 38% в одном из штреков [9].

Следующий пример относится к обнаружению нарушения в породах, возникающего под влиянием техногенных воздействий в течение периода измерений. Пример относится к участку станции Протвино, для которой был выполнен расчет влияния геодинамической зоны, трассируемой по руслу р.Протвы, на величину амплитуд земноприливных волн (рис.6). Влиянием этой зоны объясняется заниженное на 20% их значение. Кроме того за период с 1970 г. и по настоящее время наблюдаются два интервала, когда обнаруживается дополнительное к существующему уменьшение амплитуды волны M_2 . Первый интервал относится к 1986-1988 гг., когда амплитуда оказалась занижена на 28%. В этот период в 300 м от станции образовались три карстовые воронки. Позднее они были засыпаны, и величина амплитуды возросла до своего первоначального значения к 1996 г. В 1997 г. наблюдается ее резкое падение, и до настоящего времени величина амплитуды M_2 с незначительными вариациями остается ниже расчетного значения на 36% (рис.9). Пунктирными линиями обозначен 95% доверительный интервал.

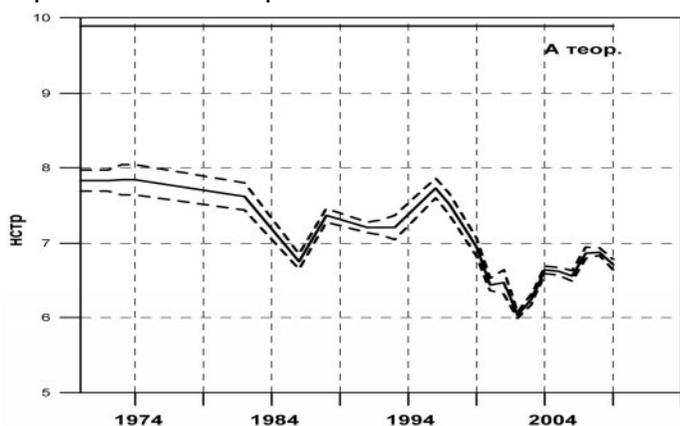


Рис.9. Изменение амплитуды земноприливной волны M_2 в направлении СЮ на станции Протвино за период с 1970 г. по настоящее время

В 1997-2002 гг. было проведено инженерно-геологическое обследование территории. В результате обнаружены карстовые воронки, проседания грунта, изменение его свойств, а также повреждения некоторых зданий. К сожалению, в настоящий период обследования не проводят. Но по данным земноприливного анализа мы можем предполагать, что на территории присутствуют зоны нарушения свойств геологической среды. Поскольку здесь развит как поверхностный, так и заглубленный карст, не исключена активизация последнего. Следовательно, данный участок нельзя считать безопасным в экологическом плане. В то же время скорости и амплитуды сезонных деформаций остаются на уровне нескольких единиц 10^{-7} . Накопленная за последние 10 лет величина деформации составляет $3 \cdot 10^{-6}$. Данный пример подтверждает необходимость проведения геодеформационного мониторинга на стадии эксплуатации ответственного объекта, когда в результате постоянного

воздействия дополнительных нагрузок происходит перераспределение напряжений в геологической среде.

Основное преимущество аппаратных измерений - это высокая точность и непрерывность во времени. В связи с этим по результатам данных наблюдений существует возможность оценить степень тектонической опасности участка в течение относительно короткого интервала времени. Перспективным направлением можно считать использование земноприливных волн для обнаружения скрытых нарушений и изменений во времени напряженно-деформированного состояния геологической среды.

Одно из основных свойств геологической среды (земных недр) – это пространственно-временная неоднородность напряженно-деформированного состояния. Как было показано выше, участок, примыкающий к разломной зоне, в силу цикличности деформационного процесса в определенные периоды становится промышленно опасным. Выделить опасный период возможно только с помощью геодеформационного мониторинга с использованием непрерывных и высокоточных измерений параметров земных недр. Как правило, тектонические разломы контролируют месторождения полезных ископаемых. И в этой связи представленные методы измерений позволяют решать актуальную задачу для маркшейдерского обеспечения безопасного недропользования.

Литература

1. Кармалева Р.М. Деформографические измерения в системе геофизического мониторинга// Сб. материалов третьего международного симпозиума «Геодинамика и геоэкология высокогорных районов в XXI веке». Москва–Бишкек. 2006. С. 95–100.3.
2. Р.М. Кармалева, Ю.О.Кузьмин. Современная геодеформационная активность асейсмичных регионов// Материалы XV Всероссийской конференции с международным участием "Геологические опасности". Архангельск. 2009. С. 214–217.
3. Nisimura E. On Earth Tides // Trans. Am.Geophys. Union, 1950.V.31. P. 357–376.
4. Латынина Л.А., Кармалева Р.М. О связи параметров земноприливных деформаций с сейсмичностью в районе Алма-Аты // Современные движения земной коры на геодинамических полигонах. М., Наука, 1981. С. 16–20.
5. Молоденский С.М. О локальных аномалиях амплитуд и фаз приливных наклонов и деформаций // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли, 1983. №7. С. 3–9.
6. Кармалева Р.М. О временных вариациях амплитуд земноприливных волн по данным деформографической станции "Протвино"// Физика Земли. 1999. №5. С.89–94.
7. Л.А.Латынина, Р.М.Кармалева. Приливные деформации в обсерватории Гарм Таджикской ССР//Физика Земли. 1981. №12. С.84–87
8. Старков В.И., Кармалева Р.М. О смещениях и деформациях земной поверхности на площадке Нурекского гидроузла // Современные движения земной коры. Новосибирск. Наука. 1976. С. 166–176.
9. Н.О.Виноградова, Р.М.Кармалева, Л.А.Латынина, В.И.Осика. Соотношение локальных и региональных деформаций земной коры// Физика Земли.№9. 2001. С. 76–80. Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 09-05-00825-а).

Римма Михайловна Кармалева, канд. физ.-мат. наук, вед. научный сотрудник лаборатории Современной геодинамики Института Физики Земли РАН, г.Москва

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

От редакции. Публикация серии статей по созданию древних карт на основе античной полиметрии Ф.М.Аггеева (Маркшейдерский вестник №№2, 4, 6 за 2011 и 1,3 за 2012 гг.) вызвали значительный интерес у наших читателей. Редакция получила различные отзывы на опубликованные материалы. Автор статей Ф.М.Аггеев, суммируя Ваши отзывы с характерными вопросами своих публичных выступлений, ниже публикует на них аргументированные ответы.

Редакция также попутно получила ряд интересных материалов, касающихся происхождения древних карт и не только... Читателей интересует также неразгаданные тайны материков, смещения геомагнитного поля земли и полюсов.

Редакция предлагает читателям в новой рубрике «Проблемы, гипотезы, факты» высказать свое мнение об интересующих Вас проблемах, опубликовать имеющиеся факты и, возможно, опубликовать собственную гипотезу.

Ф.М.Аггеев

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОРТУЛАНОВ. ВОПРОСЫ – ОТВЕТЫ

Открытие античной полигонометрии, сакральности и поэтапности создания точных древних карт позволило внести много нового и решить одну из фундаментальных проблем истории геодезии, связанную с происхождением портуланов. Информация об этом была опубликована в ряде статей, а также рассматривалась на трех научных конференциях: в МИИГАиК, МГУ и Челябинске. Однако рамки любой статьи и рамки любого доклада ограничены. В настоящей статье автор счел возможным поместить наиболее характерные вопросы и ответы в той редакции, в какой они прозвучали на конференциях.



1. На чем основано доказательство существования античной полигонометрии?

Прежде всего, для автора было необходимо осознать, что поиск античной геодезии следует искать не в самой геодезии, а в исторически связанных с геодезией смежных науках.

Важнейшей находкой стал написанный в 1451 г. трактат Альберта Леона Батисты «Десять книг о зодчестве». Но этот документ не был единственным. В целом в пользу существования античной полигонометрии говорит следующее:

- Приведенные в трактате Альберта Батисты античные способы трассирования, измерения дальности (пять способов), измерения углов и превышений. Совокупность указанных способов составляют сущность полигонометрии.

- Наличие в трактате Альберта Батисты графического изображения античного полигонометрического хода. Я имею в виду рисунок с тремя башнями.

- Тысячелетний строительный опыт, подтверждающий невозможность строительства прямолинейных дорог без участия геодезии (критерий очевидности – по Декарту).

- Описанный Героном в «Метрике» полигонометрический ход для геодезического обеспечения строительства туннеля Эвкалина на Самосе.

- Существующие карты дорог римской империи (зарубежные источники: Von Hagen, The roads that led to Rome, Cleveland, New York, 1967; Chevallier Raymond, Roman roads, London, 1976; Margary Iven, Roman roads in Britain, London, 1937; Thiollier-Alexandrowicz G. Itinéraires romains en France, Faton, 2000).

- Сами сохранившиеся римские дороги. Они дают возможность понять особенности полигонометрии в различных физико-географических условиях (в горах, на равнине, при пересечении болот и т.д.).

- Наличие отдельных описаний по античному периоду в отечественных и зарубежных публикациях. Приведу некоторые: Кочетов В.А. Римский бетон. М., 1991. - о римском трассировании дорог по дымам ко-

стров; Dilke O.A.W. Illustrations from Roman surveyors manuals. Imago mundi, 1967, v.21, p.10 - о точности трассирования и угловых измерений; Crone G.R. Maps and their makers: An introduction to the history of cartography. 5th rev.ed. Folkestone: Kent, 1978, p.14 - о точности дальномерных измерений.

Доказательство проводилось с использованием методов исключения и учета принципов достоверности, допустимости и относимости.

2. Поясните применение принципа достоверности, допустимости и относимости. Достоверность и допустимость

Альберти Батиста, написавший трактат «Десять книг о зодчестве», в котором оказалась важная геодезическая находка, определившая путь дальнейшего поиска, был представителем эпохи раннего Возрождения, посвятивший жизнь изучению античности. По признанию современников считался лучшим переводчиком и лучшим интерпретатором Витрувия. В.П.Зубов в комментарии к трактату отмечал, что Альберти Батиста был геометром, равным Эвклиду и был единственным, кто по-настоящему мог понять Витрувия в подлиннике. Вопрос доверия Витрувию (как основоположнику античной геодезии) и к Альберту Батисте (как лучшему интерпретатору) - сомнений не вызывает.

В теории доказательств категория допустимости определяет пригодность собранных фактических данных. В нашем случае вопрос касается главным образом точности русского перевода. Наиболее простой способ состоит в сличении русского перевода «Десяти книг о зодчестве» с подлинником, то есть с древнегреческим и латинским текстом Витрувия. Однако, этот путь вследствие недоступности оригинала является невозможным. В этой связи для определения допустимости было проведено сличение русского перевода Альберта Леона Батисты с итальянским, английским и чешским переводами (рис.1). Сличение переводов подтвердило их идентичность как по содержанию, так и по графике (источники: русский перевод – «Десять книг о зодчестве», М., 1937; итальянский перевод- Della Frchitettura della pittura e della

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

statua di Leon Batista Alberti, Bologna, 1782; английский перевод – Alberty Leon Batista, Ten books on architecture, London, 1955; чешский перевод – Alberti Leon Battista, Deset knih o stavitelstvi, Praha, 1956).

Относимость

Доказательный факт, с точки зрения теории относимости, «представляет собой исходный факт прошлого, который может быть использован как логический аргумент для вывода существования других фактов, входящих в предмет доказывания».

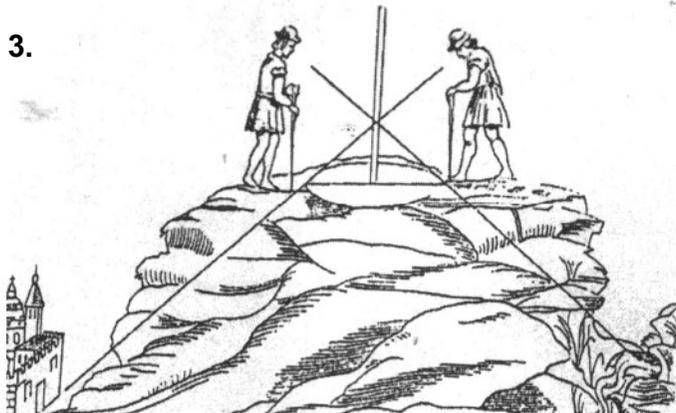
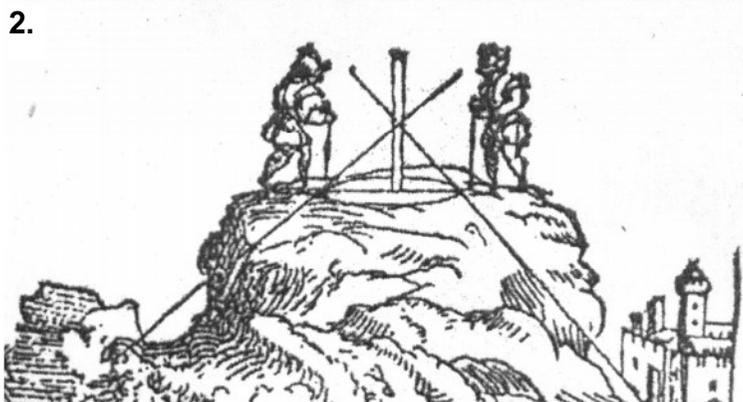
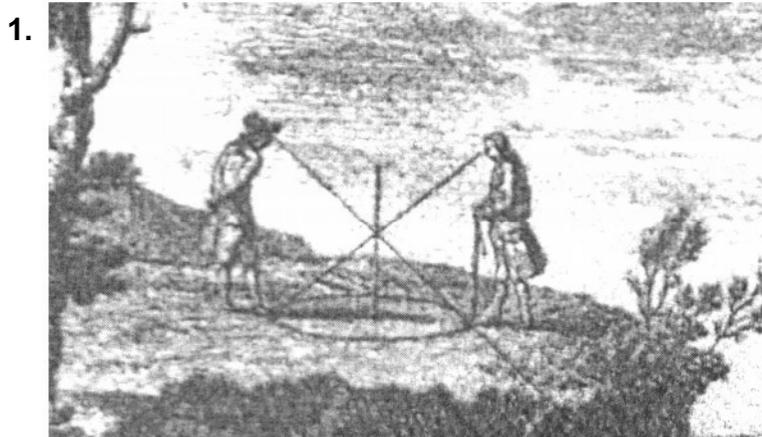


Рис.1. Прохождение препятствий при трассировании (по книге Альберта Батисты «Десять книг о зодчестве», 1451 г. 1. по итальянскому переводу 1782 г.; 2. по русскому переводу 1937 г.; 3. по чешскому переводу 1956 г.)

Применительно к геодезии в качестве исходных фактов мы используем знания (информацию) о применении в античных съемочных работах методов трассирования, измерения расстояний и измерения углов. Исходя из теории относимости, можно утверждать, что поскольку перечисленные методы порознь существовали в реальной практике античных работ, то могло существовать и совместное их использование, или, иначе, существовать использование сово-

купности этих методов. Например, один и тот же исполнитель в процессе работы мог измерять линии и измерять углы при повороте этих линий. Но совокупность этих двух измерений и есть полигонометрия. Отсюда вывод о неизбежной вероятности ее существования.

Похожее доказательство можно выстроить, например, применительно и к мензуле. Известно, что в 1551 г. в Париже некто Абель Фулон сделал доклад о новом приборе и новом методе, сочетавшем непосредственные измерения с оформлением съемки в полевых условиях. Доклад был опубликован под заголовком «Usaige et description de eholometre». Речь шла о мензуле (лат. – столик) – приборе, появление которого имело планетарное значение. Кипрегель был еще неизвестен, и вместо него применялась визирная линейка, штатив еще не изобретен, а столик и буссоль (компас) – открытия не представляли. (В 16 веке была не только буссоль, но и разновидности карманного компаса). Новизна состояла не в каждом элементе, взятом по отдельности, а в их сочетании, – в сочетании планшета, буссоли и визирной линейки. Если каждый из способов измерения существовал в практике работ, то совместное их использование было неизбежным. Вариантов сочетания было немного, и любой из них вел к мензуле. Чуть раньше или позже – принципиального значения не имело. Абель Фулон реализовал лишь то, что было подготовлено эпохой, временем и что вытекало из принципа относимости.

3. Что указывает на то, что полигонометрия предшествовала строительству дорог?

На это указывают три обстоятельства. Во-первых, многовековая практика геодезических работ. Без геодезии построить ровную дорогу можно разве что от дома до сарая. Во-вторых, особенности римских дорог. Дороги были исключительно прямолинейны. Средняя длина сторон порядка 20-30 км, но были и очень большие прямолинейные участки – до 200 км и больше. Чтобы выйти в нужную точку необходимо предварительное трассирование с измерением длины линии. В-третьих, строительство дорог проводилось на чужих, только что завоеванных территориях, поэтому никаких исходных карт для проектирования у римлян просто не было.

4. Как проводились у римлян съемки после того, как дороги были построены?

Каких-либо специальных съемок для создания карты не требовалось, поскольку в них не было необходимости. География дорог показывала, что одни дороги уходили вглубь территории, другие, соединяя города, оконтуривали побережье. Эти «прибрежные» дороги давали точный контур береговой линии, а, значит, контур морей, заливов, проливов, полуостровов и т.д. Дороги внутри территорий также соединяли города. По ходу строительства на дорогах фиксировались все переправы, мосты, туннели..., что позволяло отметить на карте не только населенные пункты, но также гидрографию и иные природные и инженерные объекты. Одних только мостов у римлян было порядка 30 тысяч. А вот города, военные поселения,

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

крепостные линии римляне, скорее всего, снимали полностью. Альберта Батиста приводит план съемки Рима и описание полярного способа, который мы применяем до сих пор.

5. Точность зависит от масштаба карт. Какой масштаб был у портуланов и античных стратегических карт?

Точность древних карт определялась не точностью накола, как это делается у нас, а возможностями применяемых методов измерения. Такой подход, кстати сказать, продержался вплоть до появления в середине 19 века сплошной триангуляции.

Что касается масштаба портуланов, то его несложно установить. Дело в том, что в качестве основы использовали пергамент, который изготовляли из выделанной овечьей кожи. Размер пергамента во всех случаях был примерно одинаковым. На пергамент наносили территорию Римской империи. Размер империи был ограничен главным образом акваторией Средиземного моря, которое старались разместить, используя большую часть пергамента. Подобный подход привел к тому, что масштаб изображения на различных портуланах изменялся незначительно. Для определения масштаба автором были отобраны четыре портулана, на каждом из которых имелся нанесенный контур пергамента: портулан Прунеса, 1559 г. (рис.2), портулан Бена Зара (1497 г.), портулан без названия 14 века, Пизанский портулан (1290 г.). Исходя из размера овцы, длина рабочей части пергамента принималась равной ~60-70 см, протяженность Средиземного моря (от Гибралтара до восточного побережья) ~3600-3700 км. Этих данных было достаточно для определения масштаба каждого из взятых портуланов. Среднее значение масштаба составило 1:5600000 (в одном сантиметре 56 км). Приведенный расчет соответствует данным зарубежной литературы. Были отдельные карты и более крупного масштаба, например, портулан Висконте (1311 г.), масштаб которого примерно в два раза крупнее. Правда, на таких портуланах изображалась только часть Средиземного моря.



Рис.2. Портулан Матео Прунеса, 1559 г.
Хорошо виден контур взятого пергамента

6. Каким образом оценивалась точность полигонометрии и портуланов?

Точность античных карт определяется точностью полигонометрии, представляющей сопряженные вытянутые хода. Для вычисления ошибки хода необходимо было иметь ошибки измерения углов и расстояний, которые определялись теоретически и практически. В первом случае – на основе анализа влияния входящих ошибок (ошибки за отсчет, наведение, параллакс, внешние условия...). Для практического определения были изготовлены действующие макеты античных инструментов (рис.3), и ошибки определялись путем проложения и анализа экспериментальных ходов.

Зная ошибки углов и расстояний, было несложно вычислить ошибки конечных пунктов полигонометрического хода, что и было сделано для ходов длиной 500 км, 2000 км, 3000-4000 км. Подобные дистанции позволяли получить ошибку контура побережья при различном удалении от Рима.



Рис.3. Действующий макет античного измерительного круга

Точность портуланов определялась по расхождению контуров при наложении портуланов на современную, предварительно трансформированную карту. Хорошо зарекомендовали себя два варианта решения. Первый напоминал методику создания фотоплана. В нем с целью трансформирования изучаемая территория карты разбивалась на ряд обеспеченных опознаками параллельных маршрутов, имеющих определенную зону поперечного перекрытия. Точные расстояния между опознаками позволяли получать существующие компьютерные программы. Расхождение контуров в зоне перекрытия устранялось интерполированием. Второй вариант связан с монтажом листов карт, составленных в хорошо известной про-

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

екции Гаусса-Крюгера. Для акватории Средиземного и Черного морей выбирались листы масштаба 1:500000. Ошибки за проекцию проявлялись в виде разрывов вдоль рамок листов и устранялись (как и в первом варианте) интерполированием. Проводилось сравнение первого и второго варианта, показавшее хорошую сходимость.

Исследования показали, что точность античных карт и точность портуланов практически одинакова.

Масштаб для целей сравнения трансформированной карты и портулана выбирается из того расчета, чтобы графическая ошибка измерений, равная 0,2 мм М, где М – знаменатель масштаба, составляла примерно 1/5 от уровня ошибок, полученных по расхождению идентичных контуров. Такой подход соответствует способу наименьших квадратов. Предварительные исследования показали, что уровень ошибок составляет 30-40 км, что давало масштаб порядка 1:3000000 и крупнее (при таком масштабе 0,2 мм М будет соответствовать 7 км на местности). К выбранному масштабу приводились как портулан, так и трансформированная карта.

7. Проводилось ли уравнивание полигонов во времена античности

Точных сведений нет, но существует любопытное замечание Альберта Батисты, которое хочу привести. Известно, что раньше научные трактаты посвящались влиятельным покровителям. Это были знатные вельможи или члены королевской фамилии. Был такой покровитель и у Альберта Батисты – некий маркиз Д'эсте. Ориентируясь на него, Батиста старался изложить геодезическую часть трактата в наиболее понятной и доступной для маркиза форме. В пояснении к изложенному пишет следующее (стр.100): «Я мог бы распространяться еще о многих вещах, но и этого пока достаточно. Должен признаться, что многое я опустил и о многом умолчал... Если Вы однако потребуете от меня еще чего-нибудь в таком же роде, я охотно выполню Вашу просьбу. Правда сомневаюсь, сумею ли рассказать Вам о них иначе, чем это сделали древние, а они трактуют об этих предметах так, что едва ли можно их понять без напряжения и без знания математики».

Анализируя границы римских завоеваний, видно, что поначалу, по крайней мере, до конца Пунических войн, об уравнивании не могло быть и речи, поскольку дороги выглядели как одиночные сопряженные линии, либо это были линии в виде лучей, исходящих из крупных городов (примером служит Рим). Не могло быть уравнивания и при освоении северной Африки, где проходила всего одна, а позже – две дороги. Полигоны стали появляться где-то, начиная с Цезаря. При Августе для римской полигонометрии происходит важнейшее событие, связанное с тем, что Римская империя замкнула круг своего влияния вокруг Средиземного моря. Теперь при желании можно было сделать круговой объезд, а также обеспечить военной помощью в самое короткое время любой уголок провинций. Стыковка путей сообщения требовала увязки показаний мильных столбов. Такая ра-

бота требовала в свою очередь предварительного обследования наличия мильных столбов и восстановления утраченных. Известно, что подобная работа при Августе действительно проводилась

8. Было сказано, что плотность пунктов римской геодезической основы была достаточной для создания карт масштаба 1:1000 – 1:25000. Можно ли это доказать?

Площадь Римской империи к концу 2-го века н.э., то есть ко времени, когда практически все дороги были построены, составляла примерно 3140000 кв.км. Это не сложно подсчитать, зная границы империи. Улучшенных дорог было 80 000 км. На таких дорогах через каждую милю, равную ~1,48 км ставились мильные столбы, выполнявшие функцию геодезических реперов. Таких реперов было $80000:1,48=54054$. Площадь, приходящаяся на один репер, составила: $3140000:54054=58,09$ кв.км.

Если подходить с современными мерками, то «плотность пунктов государственной сети, которая регламентируется соответствующими инструкциями, установлена в следующих размерах: для съемок в масштабе 1:25000 и 1:10000 – 1 пункт на 50-60 кв.км» (Справочник геодезиста. кн.1 Москва, 1975 г., с.388).

Таким образом, действительно средняя плотность пунктов соответствовала указанным масштабам. Следует, однако, заметить, что приведенные расчеты указаны по минимуму. Сюда не вошла информация о том, что многие построенные вдоль дорог инженерные сооружения также геодезически жестко фиксировались. Отметим 30 тысяч мостов, многие десятки туннелей. Отметим геодезическую основу военных укреплений. Протяженность одних только оборонительных линий занимала более тысячи километров. Но и это не все. В империи было создано 200-300 тыс.км щебеночно-грунтовых и грунтовых дорог, которые, несомненно, имели свою геодезическую основу, опирающуюся на систему главных ходов.

9. Поясните, в чем проявляется аналогия между античной полигонометрией и Большим Чертежом

Приведу факты, связанные с античной полигонометрией.

Античная полигонометрия предшествовала строительству римских дорог и создавалась с помощью трассирования и инструментального измерения углов и расстояний. Дороги соединяли города, их особенностью была исключительная прямолинейность. Конечная цель дорожного строительства состояла в необходимости обеспечить быструю переброску войск и обеспечить необходимой связью пограничные укрепления. Важнейшими римскими укреплениями, получившими название «линий», были земляные валы и каменные стены, вдоль которых располагались большие и малые крепости для пограничных гарнизонов. Длина наиболее протяженной линии обороны по Рейну и Дунаю составляла порядка 800 км, при глубине обороны 30-60 км.

Приведу факты, связанные с Большим Чертежом.

После восшествия на престол Ивана III к Мос-

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

ковскому государству присоединяются Ярославские, Пермские, Новгородские, Вятские земли, Тверское княжество и далее по цепочке – Псков, Смоленск, Рязань. Площадь Московского государства увеличилась в шесть раз. Это напоминает масштаб расширения Римской империи в лучшие ее годы. Для торговли и обороны нужны были дороги. Но в отличие от Рима Русь не имела ни сотен тысяч рабов, ни мощной армии. Вместо строительства дорог началось их спрямление, то есть попытка (как и в Риме) обустроить кратчайшее расстояние между населенными пунктами. Без геодезии, а точнее, - без трассирования и полигонометрии, особенно в залесенной местности, спрямление невозможно. Известно, что в 1472 г. в Москву прибывает Софья Палеолог – племянница последнего византийского императора, а теперь вторая жена Ивана III. Вместе с ней прибывает 70 подвод с книгами, а также архитекторы и мастера. Важнейшей целью дорожного строительства на Руси, как и у римлян, было обеспечение пограничных укреплений. У римлян это была линия Рейн-Дунай, у нас – линия, получившая название Большой засечной черты, состоявшая из рвов, лесных завалов, частоколов и защитных башен. Длина линии 500-800 верст, то есть почти такая же, как у римлян. Руководящая роль в геодезических работах принадлежала мастерам греко-византийской школы: своих специалистов у нас не было. Показательно, что работы велись методами, основанными на подобии и пропорциях. Фактически, с некоторым усовершенствованием (рис.4), это были те же старые античные методы измерений. (Достаточно указать, что мензула появилась на Руси только в конце 16 века, тогда же (1579 г.) был изобретен штатив. Не было и компасных съемок, которые в 16 веке делали только первые шаги в Европе). Созданный по результатам геодезических измерений Большой Чертеж состоял из точных центральных участков, снятых инструментально. Это были дороги европейской части Руси и присоединенных территорий, нанесенных по опросу и редким глазомерным съемкам. Точно такой же методике следовала и античность. Исследования показали, что для центральных районов Московского государства средняя квадратическая ошибка дальности составила 9,6%, что подтверждает инструментальный характер измерений и хорошо согласуется с античными дальномерными методами.

Античные точные карты имели строжайшую секретность. Большой Чертеж, в свою очередь, был недоступен даже многим членам царской фамилии.

10. Какое место в римской полигонометрии занимают такие инструменты, как грома, мерхет, хоробат, диоптра?

Грома и мерхет (ручной крест) - инструменты ближнего действия, в основе которых две пары перпендикулярно расположенных отвесов. Такие инструменты для трассирования длинных линий не пригодны. Римляне от них отказались и применяли трассирование по дымам или кострам. Дым или свет, особенно в горной и всхолмленной местности, мог быть виден от нескольких десятков до 100 км. Дальность

действия громы и мерхета порядка 50-70 м. Это означает, что при точности измерения направления в $0,2-0,3^\circ$, ошибка попадания в конечную точку может составить $6-8^\circ$ (поперечная ошибка 10-15 км), что очень грубо.

Хоробат, представлявший продолговатое корыто длиной до 5-6 м с налитой в него водой (или балку с желобом и водой), описан у Витрувия, но чертеж не сохранился. На римских дорогах при ширине дорог, равной или даже меньше длины хоробата, такой инструмент выглядел бы слишком массивным и нетранспортбельным.

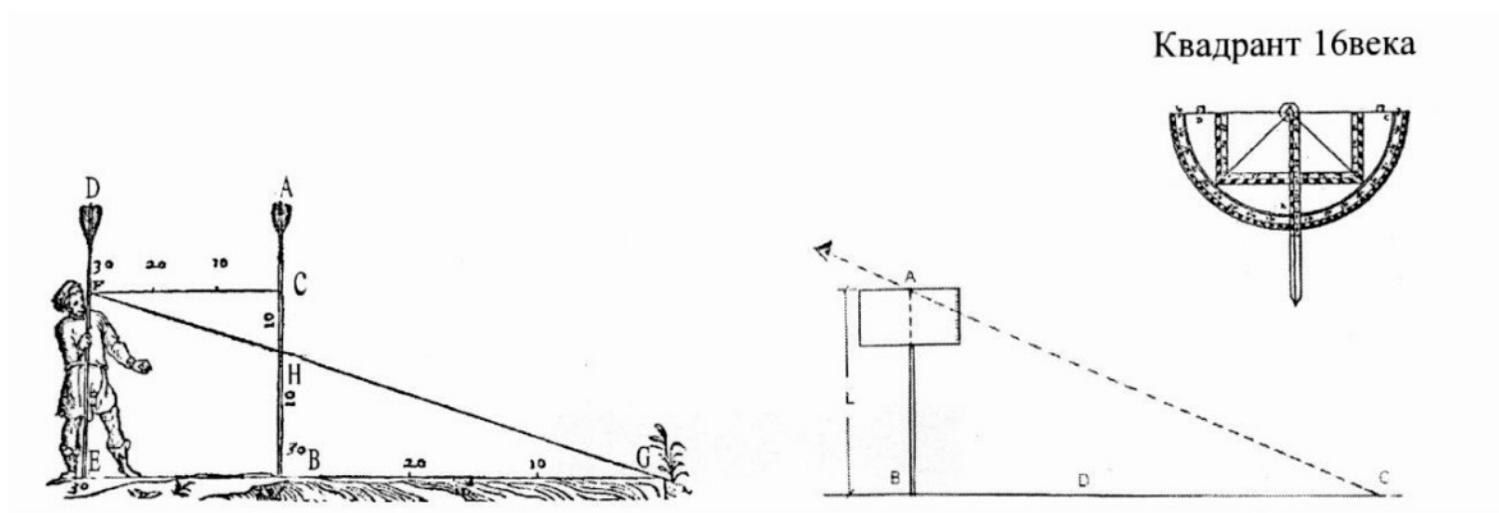
Несколько слов о диоптре. Упоминание диоптры как действующего инструмента, а такое встречается, следует отнести к области невежества.

Угломерный инструмент «диоптра» был в первом веке описан Героном Александрийским, однако кроме описания никаких сведений не сохранилось. Неизвестно, был ли такой инструмент изготовлен и применялся ли он на практике. Герон не оставил даже рисунка. Реконструкция, которую обычно помещают в справочниках, содержит известную долю фантазии музейных работников. После Герона подобный инструмент с названием пулиметр был в 1511 г. изобретен Волдсмюллером, затем в 1529 г. подобный инструмент, названный эпипедометром, был сконструирован племянником Джеммы Фризиуса. В отношении пулиметра и эпипедометра, как и в случае с диоптрой, не осталось ни рисунка, ни сведений о применении. Поэтому все три инструмента относятся к разряду предполагаемых и их нельзя «вживлять» в историю геодезии в ином качестве.

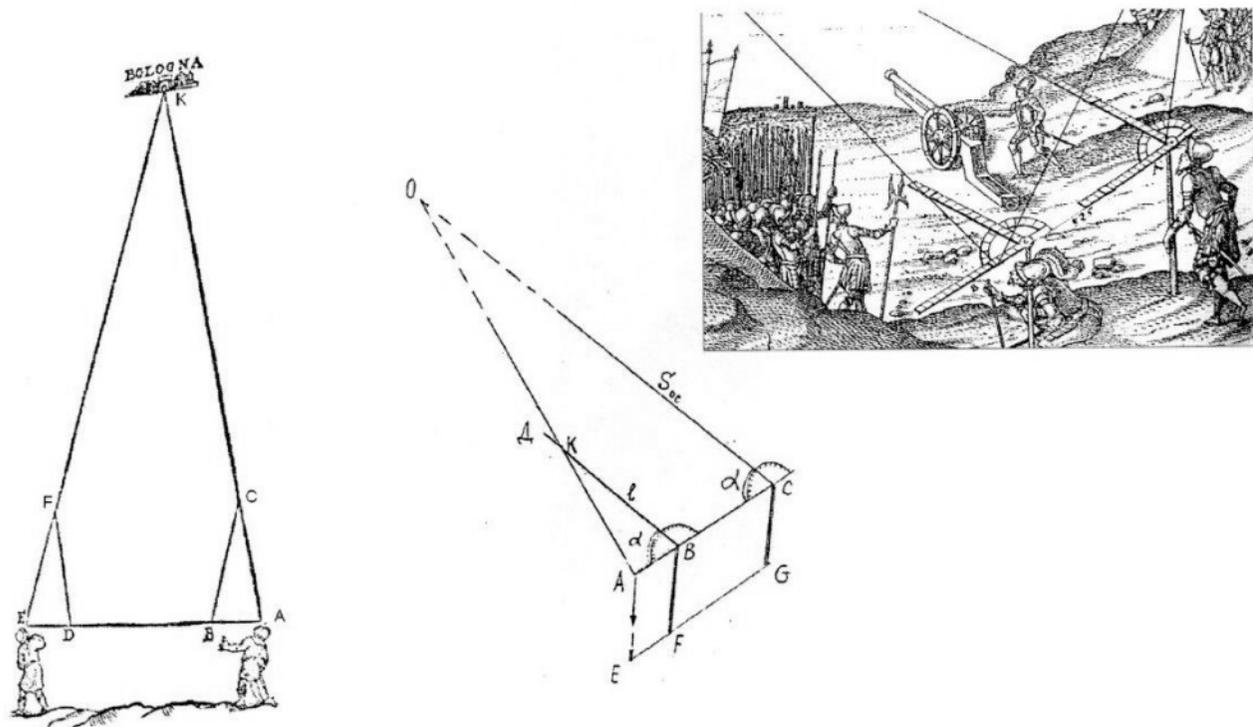
11. Каковы были Ваши первоначальные представления о происхождении портуланов?

Дело в том, что процессу изучения предшествует процесс накопления знаний. То же самое было и здесь. Изначально приходилось слепо верить тому, что повторяло большинство, а именно, что портуланы – средневековые карты неизвестного происхождения с компасными розами для морской навигации. Надуманное «компасное влияние» действовало буквально гипнотически, но одновременно возникала масса вопросов, вызванных противоречивостью суждений, т.е. вопросов, на которые не было ответа. Сознание подсказывало, что ответы непременно существуют и авторы книг об этом наверняка знают, только по какой-то непонятной причине не желают говорить. Читатели, к числу которых относил и себя, не высказывали возражений, предпочитая молчанием прикрыть неосведомленность. Получалось, как в сказке Андерсена: все хвалили, все молчали и все соглашались, пока маленький мальчик не выкрикнул, что король совсем голый. Желанием заниматься проблемой портуланов обязан А.В.Постникову, за что ему благодарен. Дело в том, что попытки А.В.Постникова объяснить происхождение и процесс создания этих точных карт с точки зрения геодезии не выдерживали даже слабой критики. Большую помощь в становлении представлений о сакральности карт оказали работы С.Махлиной и Б.А.Успенского.

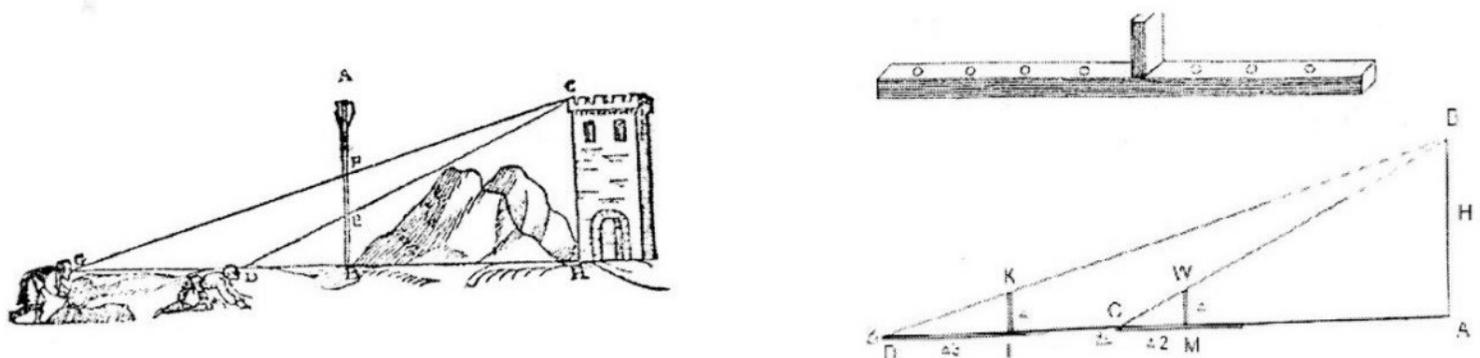
ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ



Слева – античный метод определения дальности с помощью двух копий, справа – определение дальности с помощью квадранта, 16 век



Слева – античный метод определения дальности с помощью прямой засечки и пропорций, справа – метод определения дальности с помощью прямой засечки и пропорций в 16 веке



Слева – античный метод определения дальности из двух створных точек, справа – определение дальности в 16 веке с помощью жезла Иакова

Рис. 4. Сравнение геометрических методов определения дальности для разных эпох

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

12. Какие доказательства указывают на родство средневековых портуланов и точных античных карт?

Отметим три главных: содержание, точность, каркасность.

Первое - содержание. В средние века символика ценилась выше реализма. Исчезнувшие римские города и оставшиеся от городов развалины с карт уничтожались. Важнейшими элементами карт стали гербы, флаги, сакральные символы, атрибуты власти. Ажурно вырисовывалась береговая линия и добавлялась масса новых топонимов. Однако на ряде портуланов остались нетронутыми прежние элементы античных карт. Так, на портулане Дульсерта прекрасно отражена гидрография и рельеф Европы. При этом точность рек соответствует точности античной полигонометрии. Признаком родства служат сохранившиеся на портуланах римские пограничные линии (например, в Англии) и отдельные крупные города, возникшие из римских военных лагерей.

Второе – сходимость точностей. Об этом уже говорилось. Сходимость точностей является важным математическим признаком и доказательством.

Третьим признаком или аргументом является каркасность. Контуры портуланов буквально впечатываются в контуры современной карты. Такое возможно единственно в том случае, когда у портуланов имеется жесткая геодезическая основа. Расползание контуров было бичом картографии вплоть до появления триангуляции. Как видим, за полтора тысячелетия до триангуляции подобная основа уже была создана и вполне себя оправдала. Критерием каркасности служит равномерность распределения небольших по величине отклонений контуров и подчиненность этих отклонений свойствам случайных ошибок. Исследования показывают, что этот критерий для портуланов вполне выдерживается.

Наконец, важным признаком является возможность широкого практического применения результатов исследования. Любое исследование тогда только плодотворно и неоспоримо, когда создает живое единство теории и практики. В качестве одного из примеров можно указать на возможность использовать полигонометрию, точнее цепочку «полигонометрия-дороги-карты», для определения возраста первооснов портуланов. Подобное ранее было абсолютно невозможно. В настоящее время определен возраст первоосновы (или истинный возраст) для Пизанского, Каталанского портуланов, портулана Дульсерта и ряда других.

13. В докладе было представлено много средневековых портуланов, но ни одной античной карты. Почему? Если они есть, то покажите

Дело в том, что никаких средневековых порту-

ланов попросту не существует. Есть просто портуланы. Совокупность родственных признаков указывает, что портуланы имеют двойное происхождение: античное и средневековое. К античному относится точный контур береговой линии, гидрография, крепостные защитные валы, отдельные крупные европейские города, которые возникли и развились из легионных лагерей римских армий, такие как Кельн, Вена, Будапешт, Манчестер и многие другие. К средневековому содержанию относятся гербы и флаги городов, символика сакральности, символика власти, картинные изображения, многочисленные новые топонимы... Портуланы являются одновременно и античными, и средневековыми картами. Если мы хотим увидеть чисто средневековое содержание, то надо убрать из портуланов всю античность. Если же захотим познакомиться с античным содержанием, то следует изъять все средневековые наслоения. Конечно, в этом случае античное будет неполным, усеченным и даже испорченным. Но разве не таким представлено едва ли не все античное наследие? Развалины Парфенона и Колизея, обложки рукописей, обломки украшений, безрукий торс Венеры Милосской, и еще более пострадавший (без рук, ног и головы) - знаменитый остаток статуи богини Радуги.

14. Что дали Ваши исследования науке

Прежде всего была доказана несостоятельность прежнего подхода и найдены пути решения одной из фундаментальных проблем, связанной с происхождением портуланов. Решение потребовало четырех открытий: 1) новых приборов и методов, 2) античной полигонометрии, 3) сакральности карт, 4) поэтапности создания портуланов. Благодаря этому распутан самый сложный клубок накопившихся неясностей и противоречий, а также открыты пути к продолжению работ.

По результатам исследований прежнюю трактовку портуланов, в том числе и трактовку, принятую в Большой Советской энциклопедии, следует признать устаревшей. С учетом выводов предложено новое толкование понятия, которое выглядит следующим образом. *Портуланы - это древние карты, имеющие античную геодезическую основу и преимущественно средневековое содержание, наделенные сакральной защитой и охватывающие территорию, прилегающую к Средиземному, Черному и северной части Красного моря.* В редакции могут быть варианты, но суть именно эта.

P.S. Автор статьи выражает надежду, что читатели проявят интерес к его работам по истории геодезии. В этой связи он просит присылать в редакцию вопросы и замечания, на которые с удовольствием готов ответить.

Федор Михайлович Аггеев, соискатель МИИГАиК, дипломант Всероссийского конкурса молодых ученых 2003 г., тел.(495) 361-5432, 8-926-165-44-73

О ЗАГАДКАХ ДРЕВНИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Заметка к статьям Ф.М.Аггеева «Античная государственная геодезическая сеть», «Сакральность портулановых роз», «От дорог античных к дорогам железным», «К вопросу дешифрования возраста и содержания древних карт» («Маркшейдерский вестник» №№2, 6 за 2011 г.; №№1; 3 за 2012 г.).



В одном из выпусков еженедельной телевизионной передачи канала ТВ-Центр «Аналитическая программа «Постскриптум» («P.S.») от 30 июня 2007 г. Алексей Константинович Пушков, политический обозреватель публицист, в небольшом сюжете затронул вопрос о таинственной карте турецкого (Османская империя, 16 век) адмирала Пирей Рейса (полное имя – Хаджи Мухиддин Пирей ибн Хаджи Мехмед) (рис.1), выполненной на коже газели, датированной 1513 г., но попавшей в руки профессору Кинского колледжа (Нью-Хэмпшир, США), Чарльзу Хатчинсу Хэпгуду (англ. Charles Hutchins Hargood) только в 1959 г. при работе в справочном зале Библиотеки Конгресса США в Вашингтоне (рис.2).

На рис.3 представлен фрагмент карты адмирала Пирей Рейса.



Рис.1. Портрет адмирала Пирей Рейса (16 век, Османская империя)



Рис.2. Профессор Хэпгуд Чарльз Хатчинс (США)

На этой уникальной карте показан западный берег Африки, южное побережье Южной Америки и...северный берег Антарктиды с весьма точными очертаниями ее подлинной береговой линии. Особенно поражают отображенные на карте, но скрытые подо льдом русла неизвестных рек и их устья, озера, горные цепи. Откуда же составитель или составители (карта Пирей Рейса, как он и сам признавал, есть компиляция с карт его современника Христофора Колумба, а также неизвестных древних карт, один из источников принадлежал Александру Македонскому) могли знать, как выглядел ледяной континент без панциря, толщиной около 3 км, за шесть, а по некоторым оценкам – девять тысяч лет до полного обледенения? Помимо указанной карты адмирал Рейс создал, вероятно, как уже отмечалось, путем компиляции других материалов, еще около двух десятков карт, которые составили, так называемый, сборник – «карты мо-

рей». Но в рамках данной заметки сосредоточимся только на карте с подробным изображением свободной ото льда Антарктиды.



Рис.3. Фрагмент карты адмирала Пирей Рейса (дат. 1513 г.)

рею», на континенте устанавливается сравнительно теплый климат.

Карта демонстрирует также необъяснимое знание Южной Америки, причем не только восточного побережья, но и Анд на западе континента, еще неизвестных в то время. На карте правильно изображена река Амазонка. Открытые только в 1592 г. Фолклендские (Мальвинские) острова изображены на карте на своей широте...

На рис.4 представлено сравнение азимутальной проекции современной карты мира и карты Пирей Рейса (центр проекции карты Пирей Рейса около г.Каир (современная Арабская Республика Египет).

На Западе с картой работали различные специалисты, в том числе военные. Им удалось сопоставить данные карты с материалами проведенной в 1949 г. сейсмической разведки толщи ледяного покрова. Исследования проводились объединенной британско-шведской экспедицией. По материалам проведенного анализа представляется интересным сообщение от 6 июля 1960 г. высокопоставленного представителя Военно-Воздушных Сил США Гарольда З.Ольмейера (англ. Harold Z.Ohlmeier): «...Ваш запрос об оценке некоторых необычных деталей на карте Пирей Рейса 1513 г. был рассмотрен. Утверждение о том, что в нижней части карты изображены побережье принцессы Марты Земли королевы Мод, Антарктида, а также полуостров Палмер, является разумным. Мы считаем, что этот вывод является наиболее логичным и, по всей вероятности, правильным толкованием карты. В нижней части карты географи-

Для справки:

1. Официально Антарктиду открыли в январе 1820 г. русские мореплаватели Лазарев М.П. и Ф.Ф.Беллинсгаузен.

2. В соответствии с научной точкой зрения ледниковый покров Антарктиды сформировался около 14 млн. лет назад, а современные люди существуют лишь 70-60 тыс.лет. Периодически, через 40 тыс.лет ледниковый покров отступает, океан становится судоход-

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

ческие элементы демонстрируют очень заметное сходство с данными сейсмического сканирования шведско-британской антарктической экспедицией 1949 г. реального геологического рельефа под находящимся там ледником. Это указывает на то, что побережье было картографировано прежде, чем оно было покрыто сверху льдом. Ледник в этом регионе сегодня имеет толщину около мили. У нас нет идей, каким образом данные на этой карте могут коррелировать («быть сопоставлены», примечание – автора заметки) с предполагаемым уровнем географических знаний в 1513 г.». А если вспомнить, что источники, которыми пользовался бывалый мореплаватель Пири Рейс, могут датироваться IV веком дохристианской эры...

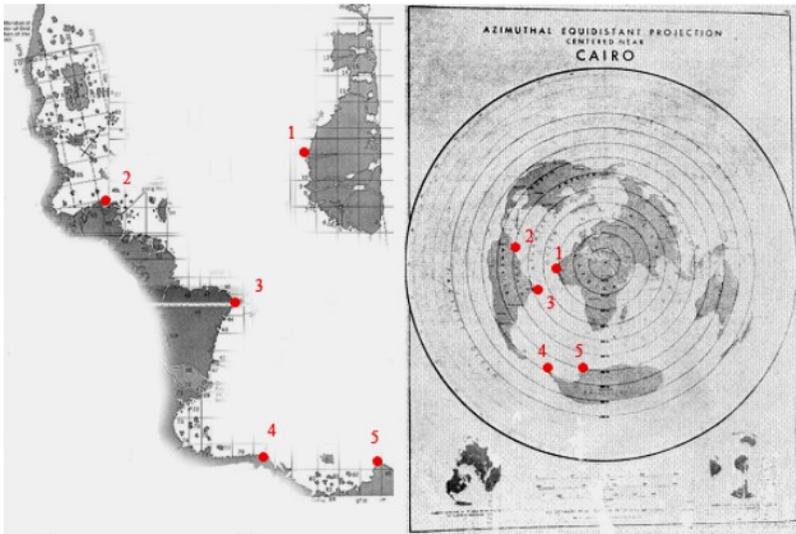


Рис.4. Сравнение азимутальной проекции и карты адмирала Пири Рейса

По другим материалам указанному выше Гарольду З.Ольмейеру приписывается также следующее утверждение «...мы не можем представить себе, как они могли создать такую карту без помощи воздушной разведки».

Как бы там ни было, тема, затронутая А.К.Пушковым, вряд ли может оставить равнодушными не только ученых, но людей, желающих найти ответы или хотя бы приблизиться к пониманию пока еще не решенных проблем, загадок в истории Земли.

Хочется выразить благодарность и должное уважение А.К.Пушкову, так как до выхода указанного сюжета в «P.S.» отечественное телевидение, представители научных, исследовательских кругов «не торопились» обозначить свою точку зрения на проблему.

В настоящее время, на сайтах «всемирной паутины» появились публикации об удивительных находках в геологических слоях многомиллионной древности различных предметов, несоответствующих периоду исторического развития Земли (молоток («альпеншток»), гвозди, вольфрамовая проволока в вечной мерзлоте и др.), а также об уже упомянутом феномене – картах и еще более древних источниках, математически точно отображающих поверхность нашей планеты за многие тысячи лет до нашей эры.

К сожалению, на сегодня не имеется не только определенного ответа, но и хотя бы заинтересован-

ного участия в разработке проблемы официальных авторитетных ученых, специалистов, представляющих, например, Российскую Академию Наук, государственные научно-исследовательские институты.

Просматривая публикации в журнале «Маркшейдерский вестник» №№2, 4, 6 за 2011 г.; №№1; 3 за 2012 г. с огромным удовольствием и надеждой на разрешение загадки познакомился со статьями Федора Михайловича Аггеева, соискателя МИИГАиК, дипломанта Всероссийского конкурса молодых ученых 2003 г.

В работах «Античная государственная геодезическая сеть», «Сакральность портулановых роз», «От дорог античных к дорогам железным», «К вопросу дешифрования возраста и содержания древних карт» Аггеев Ф.М. доказывает двойное происхождение портуланов – точных карт, неожиданно появившихся в Европе, начиная с XIII века: «...оказалось портуланы имеют двойное происхождение: античное и средневековое». Дается интересное, развернутое, доступное массовому читателю обоснование исторических корней портуланов, способов и инструментария картографирования Средиземноморья. В то же время, по Ф.М.Аггееву получается, что античные греки картографировали на высоком технологическом уровне, а в средневековье невежды, обуреваемые религиозным мракобесием, украшали их работы гербами, флагами, религиозными символами, при этом достоверность вновь созданных в средневековье карт была низкой. Успехи эллинов в науках, искусстве, а также римлян в строительстве дорог несомненны и неоспоримы, заслуживают уважения, и все-таки загадка остается неразрешенной: ведь античные греки ничего не знали об Антарктиде, западном побережье Южной Америки, как представляется, даже не догадывались о существовании реки Амазонки... Почему же все эти географические объекты присутствуют на древней карте... Безусловно, указанные вопросы – не в укор Ф.М.Аггееву, проблема, в которую внезапно ворвалось человечество, никем еще толком не разрабатывалась.

Любопытно, в этой связи, выступление в указанной выше программе «Аналитическая программа «Постскриптум» («P.S.») профессора, главного научного сотрудника института Истории естествознания и техники Российской академии наук, председателя комиссии по истории карт международной картографической ассоциации Алексея Владимировича Постникова.

Профессор А.В.Постников отмечает, что создается впечатление о внезапном появлении в 16 веке удивительных карт земель, еще абсолютно не известных, не открытых в то время, и сразу в совершенном виде, с поразительной точностью передающих реальную картину мира...

Высказывается также предположение о том, что карта адмирала Пири Рейса является только небольшим фрагментом (размер карты 86x64 см) не дошедшей до нас глобальной карты планеты, и, возможно, составленной цивилизацией, сравнимой по развитию с нашей...

Как уже говорилось, военные не исключают, что

ПРОБЛЕМЫ, ГИПОТЕЗЫ, ФАКТЫ

при создании карты могла проводиться воздушная разведка, как не фантастично это звучит. Ну, а, если рискнуть и допустить, что древние могли подниматься в воздух, совершать путешествия к звездам, на устройствах близких к современному воздушному флоту? Что говорит в пользу этого рискованного допущения? Как ни странно, в древнеиндийском эпосе упоминаются летательные аппараты «Виманы», в жизнеописании древних египетских правителей сообщается, что фараоны могли подниматься к богам...

Было бы не справедливо не указать и на другую точку зрения – скептическую. Аргументы сомневающихся следующие:

1. Догадки, предположения о существовании неизвестной «южной земли» возникли давно. Средневековые ученые, мыслители, основываясь, однако, не на практических исследованиях, а неких близких к научным рассуждениях о необходимости «равновесия» в распределении суши, пришли к выводу о том, что «южная земля» существует и остается только до нее доплыть. «Южную землю» на картах мира рисовали многие, основываясь, как уже было сказано, на предположениях и отрывочных сведениях, полученных от бывалых мореходов, видевших в тех или иных местах берег.

2. Береговая линия Антарктиды, свободной ото льда, отображенная на картах, по всей вероятности не может соответствовать современному подледному рельефу, это связано с «проседанием» суши под мощью льда, поэтому береговая линия должна была бы проходить в другом месте.

3. Точность и узнаваемость не исследованных в то время земель, но нанесенных на карту, весьма субъективна и относительна. Все дело в личной позиции, установке на определенный результат конкретного исследователя.

Имеются и некоторые другие соображения, объективность которых не доказана должным образом. Так, встречается мнение о фальсификации сведений, дат, рисунков, отображенных на древних картах, дорисовках рельефа, рек, а то и просто – подделке «под старину».

Встречаются и вовсе курьезные мнения о проблеме в целом. Так, знакомый картограф из военной академии хвалился на спор: за «полбанки» (бутылка водки, 0,5 л) нарисовать дно Черного моря, исходя только из сведений о береговой линии и горном рельефе вокруг моря, не хуже чем карта турка... Честно говоря, пожалел «полбанки», а вдруг и, правда, нарисует...

Вероятно, истина лежит где-то посередине, но разобраться в этом можно лишь путем настойчивых исследований, поиска, анализа.

В заключение хотелось бы пригласить ученых, исследователей, специалистов, картографов, геодезистов, историков, инженеров, заинтересованных проблемой читателей поделиться на страницах «Маркшейдерского вестника» соображениями, фактами, гипотезами, предположениями, словом к самой широкой дискуссии.

В рамках дискуссии предлагаются к обсуждению вопросы:

1. Подлинность карт Пири Рейса, Оронтеуса Финиуса, Герарда Кремера (Меркатор), Филиппа Буаше и других картографов, отобразивших не открытые в их эпоху земли с удивительной точностью.

2. Происхождение источников, на основе которых могли быть созданы указанные карты, если они подлинные.

3. Вопрос о возможном скачкообразном смещении полюсов Земли и связанные с этим иные сроки ледниковых периодов. Теория (открытие) профессора Хэпгуда Чарльза Хатчинса «о литосферном сдвиге».

4. Предложения по комплексу проведенных, а также необходимых экспертиз, исследований, касающихся существа проблемы, с указанием (желательно) научно-исследовательских институтов, экспертных лабораторий в России и за рубежом, занимающихся соответствующими вопросами.

Могут также выноситься и другие вопросы и суждения в части предложенной проблемы.

С нетерпением ждем Ваших откликов!

При подготовке заметки использованы материалы:

1. «Аналитическая программа «Постскрипtum» («P.S.») от 30 июня 2007 года (канал ТВ-Центр).

2. Сведения с сайта: Карта Пири Рейса – «Википедия».

3. Сведения с сайта: Хэпгуд Чарльз Хатчинс – «Википедия».

4. Сведения с сайта: Постников Алексей Владимирович – «Википедия».

5. Файл: *Piri reis world map 01.jpg* – иллюстрация фрагмента карты Пири Рейса (Материал из Википедии – свободной энциклопедии).

6. Файл: *Piri azimuth.gif* – Сравнение азимутальной проекции и фрагмента карты Пири Рейса (Материал из Википедии – свободной энциклопедии).

7. Файл: *Postnikov2.JPG* – Портрет (фотография) профессора Постникова А.В. (Россия) (Материал из «Википедии» – свободной энциклопедии).

8. Файл: *Хэпгуд Чарльз Хатчинс.jpg* – Портрет (фотография) профессора Хэпгуда Чарльза Хатчинса (США). (Материал из «Википедии» – свободной энциклопедии).

9. Файл: *Virtoo.ru* – Портрет адмирала Пири Рейса (16 век, Османская империя).

Константин Эдуардович Тришин, заведующий группой
отдела готовой продукции ФГУП «Гипроцветмет» г. Москва,
тел.(495) 660-92-00 доб.3-53

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ CARLSON SURVEY • CARLSON MINING

Автоматизация маркшейдерских работ

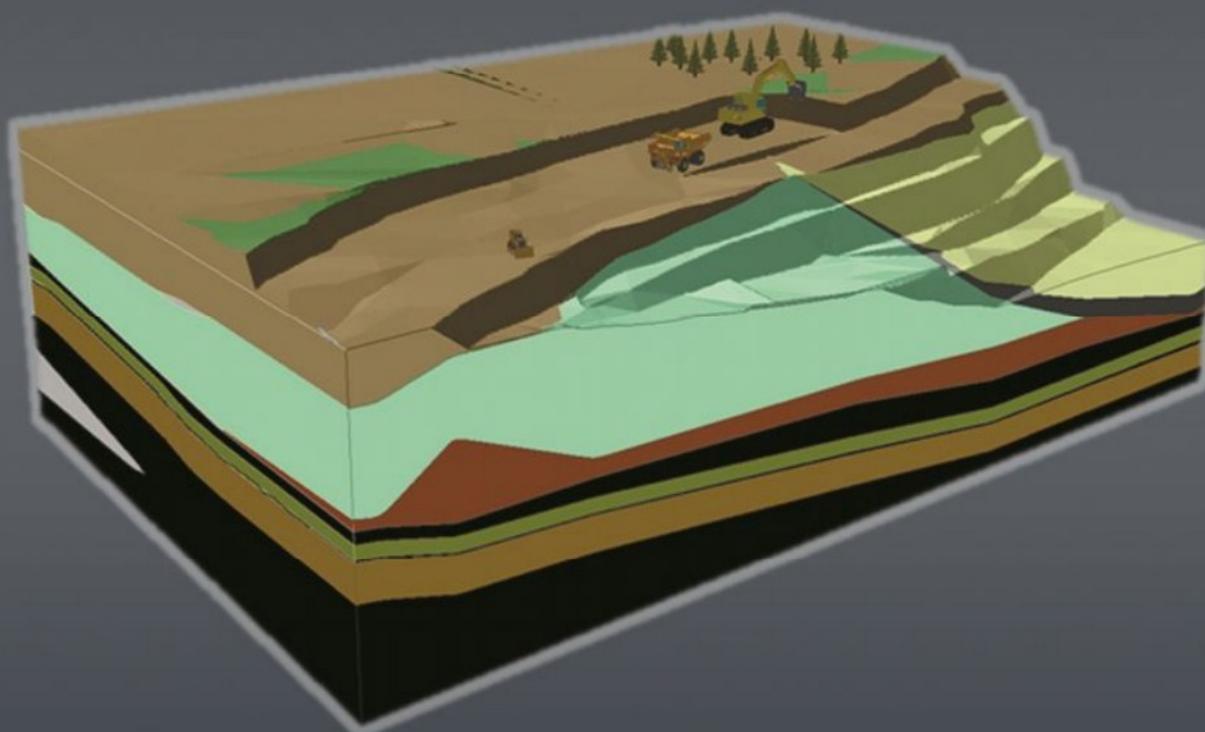
Геологическое моделирование и
анализ месторождения

Планирование добычи

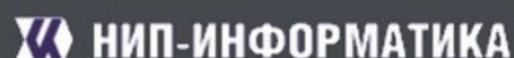
Проектирование технологической схемы драглайна

Проектирование карьеров

Планирование разработки карьера с учетом характеристик
оборудования и графиков его работы



Carlson Software - разработчик
программного обеспечения
для горнодобывающей
промышленности.
Internet: www.carlsonsw.com



НИП-Информатика – официальный
представитель Carlson Software в России.
Россия, 192102, г. Санкт-Петербург
ул. Фучика, дом 4, лит. К
Тел/факс: +7 (812) 321-0055
E-mail: carlsonsw@nipinfor.ru
Internet: www.carlsonsw.ru

60 ЛЕТ ЮРИЮ АЛЕКСАНДРОВИЧУ КАШНИКОВУ



12 сентября 2012 г. исполняется 60 лет со дня рождения заведующего кафедрой маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (МДГиГИС) Пермского научно-исследовательского Университета (ПНИИПУ), доктора технических наук, профессора Юрия Александровича Кашникова.

В 1975 г. Юрий Александрович закончил Пермский Политехнический институт и работал в Сибири (г.Новокузнецк в ВостНИГРИ) в лаборатории сдвижения горных пород, где подготовил и в 1982 г. защитил кандидатскую диссертацию. С 1983 г. его трудовая деятельность связана с ПНИПУ, где Юрий Александрович работает в должности сначала ст.научного сотрудника, ст.преподавателя, доцента, а с 01.10.1989 г. и по настоящее время - заведующего кафедрой МДГиГИС.

Под его руководством кафедра занимает ведущее место по объёму хоздоговорных работ в ПНИПУ и является лучшей кафедрой по оснащению приборами и геоинформационными технологиями в России.

В настоящее время кафедра выпускает специалистов по двум специальностям:

- горных инженеров по специальности «Маркшейдерское дело» со специализацией «геоинформационные системы в картографии горном и нефтегазовом деле»;

- инженеров-геодезистов со специализацией «геоинформационное обеспечение городского кадастра».

За большие достижения в учебном процессе, научной и воспитательной работе Юрию Александровичу в 1997 г. присвоено международное звание «Европейский преподаватель инженерного вуза», а в 2003 г. награжден Почетной грамотой Минобрнауки России. В 2007 г. он награжден нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования РФ».

Большое внимание Юрий Александрович уделяет проведению научно-исследовательской работы. На кафедре открыта аспирантура, под его руководством защитились 8 кандидатов технических наук и 1 доктор технических наук. Под руководством Юрия Александровича один раз в 4-5 лет проводятся Международные научно-практические конференции «Новые технологии в маркшейдерии и недропользовании». Всего проведено 4 конференции.

Юрий Александрович постоянно повышает свою квалификацию, проходит научные стажировки за рубежом в форме обмена опытом кафедр Маркшейдерского дела Рейн-Вестфальской высшей технической школы и Фрайбергской горной академии (Германия).

Ю.А.Кашников активно занимается методической работой, публикует научные статьи и методические пособия. За последние 5 лет опубликовано более 20 статей и методических пособий. В 2008 г. в соавторстве с Ашихминым С.Г. опубликована монография «Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья», предназначенная для широкого круга инженерно-технических работников нефтяной и газовой промышленности, работников научно-исследовательских и проектных институтов, а также студенческой аудитории.

Кашников Ю.А. избирался в члены Центрального совета СМР и является членом редсовета журнала «Маркшейдерский вестник».

Юрий Александрович обладает такими качествами, как принципиальность, последовательность в отстаивании своего мировоззрения, что в сочетании со скромностью, отзывчивостью и доброжелательностью обеспечивает ему заслуженный авторитет и уважение в коллективе и среди коллег по профессии.

Коллективы ПНИПУ, СМР и редакция журнала «Маркшейдерский вестник» поздравляют Юрия Александровича и желают ему доброго здоровья, счастья и творческого долголетия!



60 лет Владимиру Николаевичу Сученко



В сентябре 2012 г. отмечает свой юбилей Сученко Владимир Николаевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой геодезии и маркшейдерского дела Российского университета дружбы народов.

Владимир Николаевич родился в 1952 г. в городе Донецке. После окончания Московского горного института по специальности «Маркшейдерское дело» в 1978 г. начал свою трудовую деятельность на должности маркшейдера СМУ-153. В 1980 г. поступил в очную аспирантуру на кафедру маркшейдерского дела и геодезии Московского горного института, где в 1984 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на актуальную в то время тему «Геометризация пластообразных крутопадающих рудных тел для планирования горных работ».

С 1987 г. работал на должностях ассистента, старшего преподавателя, доцента и профессора в Московском государственном горном университете наряду с научной и педагогической деятельностью успешно выполнял административные обязанности на должностях заместителя заведующего кафедрой

по НИР, заместителя директора ИУГИ.

В 2004 г. в МГГУ защитил докторскую диссертацию на тему «Обоснование методов оценки и прогнозирования основных показателей полезных ископаемых при геометризации рудных месторождений».

С 2007 г. Владимир Николаевич возглавляет кафедру «Геодезии» Российского университета дружбы народов, привнес в учебный процесс кафедры много новых направлений. При нем появились такие новые научные направления кафедры, как маркшейдерия, геометрия недр, геомеханика. В настоящее время кафедра носит название «Геодезии и маркшейдерского дела».

Сученко В.Н. является известным специалистом в области геометрии недр, маркшейдерского обеспечения строительства подземных сооружений, автоматизированных систем геолого-маркшейдерского обеспечения горных предприятий, член Учебно-методического объединения вузов Российской Федерации в области горного дела, автор более 60 научных трудов в области маркшейдерии и геометрии недр. Среди них 2 учебника и 5 учебных пособий. Он постоянно выступает с результатами своей научной деятельности на всероссийских и международных научных конференциях, руководит научно-исследовательскими работами кафедры, дипломными проектами и магистерскими диссертациями студентов. Под его руководством подготовлено более 100 специалистов - маркшейдеров для различных отраслей недропользования.

За свою трудовую деятельность награжден почетным знаком «Шахтерская Слава» III степени.

ООО «Союз маркшейдеров России», коллектив кафедры геодезии и маркшейдерского дела Российского университета дружбы народов, редакция НТиП журнала «МВ», друзья и коллеги сердечно поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, благополучия в личной жизни, дальнейшей творческой реализации в педагогической и научной деятельности!



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ И БЕЗОПАСНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ»



Члены Президиума

С 24 по 29 сентября 2012 г. в г.Анапа прошла Всероссийская научно-практическая конференция «Рациональное и безопасное недропользование». В рамках конференции были вручены Министерские, ведомственные награды, а также награды «Союза маркшейдеров России» за успехи в области обеспечения рационального и безопасного недропользования, развития маркшейдерского дела.

Организаторами конференции выступили: Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России» совместно с Российским геологическим обществом при участии Некоммерческого партнерства «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело» и НОЧУ «ЦДО «Горное образование».

Целью конференции было:

- обсуждение актуальных вопросов развития саморегулирования в области промышленной безопасности, производстве маркшейдерских и геологических работ и разработке месторождений полезных ископаемых;
- обсуждение основных направлений деятельности ООО «Союз маркшейдеров России» и Российского геологического общества по повышению эффективности маркшейдерско-геологического обеспечения разработки месторождений полезных ископаемых;
- ознакомление с передовым опытом организации работ при недропользовании и последними научно-техническими достижениями в области рационального и безопасного недропользования.



Участники конференции:
Березин М.С., Сергеев В.П.,
Алиев М.Н.

- развитие систем управления качеством работ и услуг в области промышленной безопасности, производства геологических, маркшейдерско-геодезических и землеустроительных работ на основе отечественного и международного опыта;
- реализация требований законодательства о недрах и промышленной безопасности при освоении минерально-сырьевых ресурсов;
- обмен опытом по применению передовых технологий производства геологических, маркшейдерско-геодезических и землеустроительных работ, новейших приборов, оборудования и программного обеспечения;
- роль и значение безопасного и рационального использования минеральных ресурсов и охраны недр в обеспечении экономической безопасности России.

В ходе конференции были заслушаны доклады по следующим направлениям:

- развитие систем управления качеством работ и услуг в области промышленной безопасности, производства геологических, маркшейдерско-



Зимич В.С. - президент
ООО «Союз маркшейде-
ров России»

Для участия в конференции были приглашены руководители министерств и ведомств природоресурсного блока, горно- и нефтегазодобывающих организаций, научных, проектных и учебных организаций, а также ведущие специалисты маркшейдерских и геологических служб горно- и нефтегазодобывающих организаций, таких как ООО «Газпром нефть шельф», ООО «Газпром добыча Ямбург», ООО «Газпромнефть-Восток», ОАО «РИТЭК», ОАО «ТНК-Нягань», ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз», ОАО «Стойленский ГОК», ООО «Газпром добыча Астрахань», ЗАО «Ванкорнефть», ОАО «Белкамнефть», Айхальский ГОК АК «АПРОСА» (ОАО), ООО СП «Волгодеминойл», ОАО «Калининградский карьер», ООО «РН - Северная нефть», НОУ «Корпоративный университет «Норильский никель» и др.



Алексеев А.Б. – на-
чальник отдела по над-
зору Ростехнадзора

В ходе конференции был заслушан ряд докладов, в том числе: Алексеева А.Б. - начальника отдела по надзору в горнодобывающей промышленности и маркшейдерских работ Ростехнадзора – «О повышении качества маркшейдерских работ», Ходоровича К.К. – начальника отдела мониторинга и охраны недр Минприроды России – «Совершенствование государственной политики в области недропользования», Зимича В.С. - президента ООО «Союз маркшейдеров России» - «О деятельности ООО «Союз маркшейдеров России» в свете регулирования закона о техническом регламенте», Грицкова В.В. – исполнительного директора ООО «Союз маркшейдеров России» - «О мероприятиях по рациональному и безопасному недропользованию», Васильева Я.И. - начальника Управления геологического контроля и охраны недр Ростехнадзора - «Об обеспечении установленного порядка пользования недрами и требований законодательства» и др.



Казачья станица «Атамань»

В рамках культурной программы участники конференции посетили природный исторический музей кубанской культуры казаков - казачью станицу «Атамань».

По результатам работы участниками конференции было принято решение.

Материал подготовлен Рязанцевой М.И.

ИНФОРМАЦИЯ

НОВЫЕ ЧЛЕНЫ В СОСТАВЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО СОВЕТА ООО «СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ»

В
сентября
работу
России. В
принято
вую
маркшей-



в состав Центрального Совета Союза маркшейдеров России Гришина Александра Викторовича – к.т.н., старшего научного сотрудника, заместителя начальника научного отдела ИПКОН РАН и Охотина Анатолия Леонтьевича – к.т.н., профессора, заведующего кафедрой маркшейдерского дела и геодезии ИрГТУ.

Анапе с 24 по 29
2012 г. продолжил
Съезд маркшейдеров
ходе заседания было
решение утвердить но-
редакцию Устава Союза
деров России и включить



А.В.Гришин



А.Л.Охотин

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР РАН
приглашают принять участие в работе**

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

**«ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕДР В XXI ВЕКЕ ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ»
В РАМКАХ ФЕСТИВАЛЯ НАУКИ**

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе Международной молодежной научной школы «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых», проводимой в рамках Фестиваля науки.

Школа проводится 22-26 октября 2012 г. в Институте проблем комплексного освоения недр РАН.

Основные направления работы школы:

- геология месторождений твердых полезных ископаемых;
- проблемы геомеханики и разрушения горных пород;
- совершенствование техники и технологии освоения месторождений полезных ископаемых;
- аэрогазопылединамика;
- обогащение полезных ископаемых;
- управление производством, экономические и

социальные проблемы освоения недр;

- техника безопасности и охрана окружающей среды.

Работа школы предусматривается на пленарных и секционных заседаниях со стендовыми докладами с широким обменом мнениями, научным и производственным опытом.

Материалы школы будут опубликованы в виде сборника докладов до начала ее проведения.

Адрес: 111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4.

Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук (УРАН ИПКОН РАН).

Контактные телефоны:

(495)360-76-25 – Милетенко Наталья Александровна,

E-mail: nmilet@mail.ru

Факс: (495) 360-89-60.

Сайт: www.ipkonran.ru

Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России»

НОЧУ «ЦДО «Горное образование»

(Лицензия серии А №311626 Регистрационный № 025588)

Повышение квалификации по горным специальностям в 2012-2013 годах

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

Цель обучения:

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

В программе обучения:

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

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

Программа курсов повышения квалификации - 72 часа.

Программа предаттестационной подготовки по промышленной безопасности и охране недр - 40 часов.

Плата за обучение на курсах повышения квалификации в 2012-2013 годах составляет 38500 руб. Оплата осуществляется по безналичному расчету (НДС не облагается). Стоимость проживания не входит в стоимость обучения.

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

Иногородних участников просим заблаговременно приобрести билеты на обратный проезд из Москвы и иных мест проведения мероприятий.

По окончании курсов повышения квалификации выдётся удостоверение.

График проведения курсов в 2012-2013 годах:

курсы повышения квалификации:

Сроки проведения	Направление	Категория слушателей
12.11.2012-21.11.2012 04.02.2013-13.02.2013 25.02.2013-06.03.2013* 01.04.2013-10.04.2013 20.05.2013-29.05.2013** 23.09.2013-02.10.2013*** 14.10.2013-23.10.2013**** 11.11.2013-20.11.2013	«Маркшейдерское дело»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.02.2013-06.03.2013* 20.05.2013-29.05.2013** 23.09.2013-02.10.2013*** 14.10.2013-23.10.2013****	«Рациональное использование и охрана недр»	специалисты служб лицензирования, недропользования, главного геолога
25.02.2013-06.03.2013* 20.05.2013-29.05.2013** 23.09.2013-02.10.2013*** 14.10.2013-23.10.2013****	«Геология»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.02.2013-06.03.2013* 20.05.2013-29.05.2013** 23.09.2013-02.10.2013*** 14.10.2013-23.10.2013****	«Землеустройство и земельный кадастр»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.02.2013-06.03.2013* 20.05.2013-29.05.2013** 23.09.2013-02.10.2013*** 14.10.2013-23.10.2013****	«Промышленная безопасность опасных производственных объектов»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.02.2013-06.03.2013* 20.05.2013-29.05.2013** 23.09.2013-02.10.2013*** 14.10.2013-23.10.2013****	«Организация кадровой службы и управление персоналом при недропользовании»	специалисты кадровых служб горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.02.2013-06.03.2013* 20.05.2013-29.05.2013** 23.09.2013-02.10.2013*** 14.10.2013-23.10.2013****	«Охрана окружающей среды при недропользовании»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций

* - курсы повышения квалификации проводятся в г.Тюмени. Слушатели курсов примут участие в работе Научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»

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

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

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

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