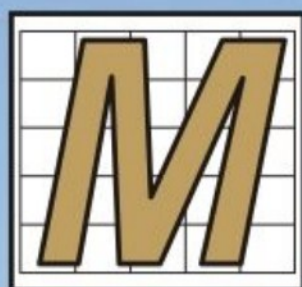


ISSN-2073-0098

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



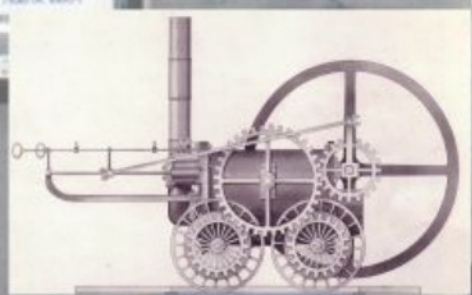
АРКШЕЙДЕРСКИЙ
ВЕСТНИК
MINE SURVEYING BULLETIN

№ 1 2012

Январь - Февраль

January - February

*Инженерная геодезия:
от дорог античных
к железным дорогам*



ФГУП Гипроцветмет
г. Москва



ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ» ПРЕДЛАГАЕТ НА УСЛОВИЯХ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ:

Выполнение полного комплекса предпроектных и проектных работ на строительство и реконструкцию ГОК и ГМК цветной металлургии с проведением всех необходимых согласований проектной документации и получением положительных заключений Главгосэкспертизы и разрешения на строительство объектов.

Концепция разработки проектных работ ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТа» базируется на апробированных Российскими и западными банками компьютерных программах «PROJECT EXPERT» и «АЛТ-ИНВЕСТ», обеспечивающих организационно-технологическую поддержку инвестиционного процесса, начиная от предварительного анализа до принятия решения по финансированию.

Гипроцветметом освоены и применяются в практической деятельности ряд специальных программных продуктов:

- AutoCAD - графический редактор для выполнения всех чертежных работ;
- АЛТ-ИНВЕСТ - для коммерческой оценки инвестиционных проектов;
- TECNE BASE - для составления геологической модели месторождения;
- DATAMINE, SURPACK - для составления объемных моделей месторождения, подсчета запасов, проектирования карьеров, подземных рудников и их оптимизации;
- МАСТЕР-КИП, PROFESSIONAL ELECTRIC - для согласованного выполнения принципиальных электрических схем, схем внешних соединений и кабельных журналов;
- ЭФИР - для расчета рассеяния загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;
- СПЕС - для составления спецификаций оборудования и материалов;
- КОСМОС-3, АВС - для выполнения сводных, объектных и локальных смет;
- ЛИРА - для расчета строительных конструкций;
- МОНОМАХ - для расчета фундаментов под строительные конструкции;
- GEOD - для проектирования генпланов;
- 1С - бухгалтерский комплекс;
- ДАСПИ - планирование и управление проектированием.

Постоянно обновляется парк компьютеров и множительной техники.

Особое место в сфере деятельности ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ» занимает издательская деятельность. В течение 19 лет издается научно-технический и производственный журнал «Маркшейдерский вестник».

Наш адрес для справок и заключения договоров:

**ФГУП «Гипроцветмет» 129515 г.Москва, ул.Академика Королева, 13, а/я 51
тел.:(495)660-92-00, факс (495)616-95-55, e-mail:office@giproctm.ru, www.giproctm.ru**

На 1 стр. обложки: Иллюстрации к статье Агеева Ф.М. о роли инженерной геодезии в эволюции дорожного строительства и транспорта с античных веков до нашего времени (стр.13).

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 Ильхан М.</i>	<i>Навитный А.М.</i>
<i>Зимич В.С.</i>	<i>Попов В.Н.</i>
<i>Зыков В.С.</i>	<i>Смирнов С.П.</i>
<i>Казикаев Д.М.</i>	<i>Стрельцов В.И.</i>
<i>Калинченко В.М.</i>	<i>Толпегин Ю.Г.</i>
<i>Кашников Ю.А.</i>	<i>Трубчанинов А.Д.</i>
<i>Киселевский Е.В.</i>	<i>Черепнов А.Н.</i>
<i>Козловский Е.А.</i>	<i>Шадрин М.А.</i>
<i>Кузьмин Ю.О.</i>	<i>Юнаков Ю.Л.</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 20.01.2012 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

№1 (87), январь – февраль, 2012 г.

Учредители:
СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
СОЮЗ ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКОВ
ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ»

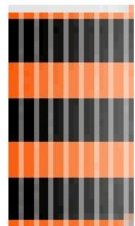
Журнал входит в перечень ве-
дущих научных изданий ВАК
Минобразования и науки РФ

**«Что такое цивилизация? Это постоянные
открытия, которые совершает на каждом шагу
шествующий вперед человеческий разум»**

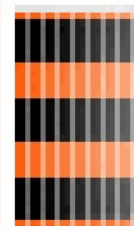
В.Гюго

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

- **В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ**
- **ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**
- **ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС**
- **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ**
- **ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРО-
ИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**
- **ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ**
- **ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ТВОРЧЕСТВО
АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ**
- **ИНФОРМАЦИЯ**



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



Издатель, редсовет и редакция «МВ»

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
– В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ	5
– ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	
И.В.Абакумов, Ю.А.Скорик. Комплексный подход к переоценке остаточных запасов валунчатых хромовых руд Сарановских россыпей	8
В.Ю.Линник. Формирование базы данных и разработка программного интерфейса для прогнозирования развития сырьевой базы угольной промышленности.....	11
– ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС	
Ф.М.Аггеев. От дорог античных к дорогам железным	13
Б.Н.Дьяков. Оценка точности площади участка на топографической карте	21
А.Ф.Митрофанов. Методика трехмерного моделирования, повариантный подсчет запасов и современная экономическая оценка участков Большой Ихтегипак, Пахкварака и Алёнка Федоровотундровского месторождения (Кольский п-ов)	23
В.М.Елисеев. Прогнозирование показателей извлечения руды путем квадратичной аппроксимации	31
– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ	
А.Г.Оловянный. Геомеханический прогноз гравитационного напряженного состояния массива горных пород со сложной гипсометрией в естественном состоянии	35
Ю.В.Посыльный. Виртуальные точки типовых кривых оседаний земной поверхности	42
Д.В.Шустов. Анализ влияния структурных особенностей и напряженного состояния массива на развитие деформационных процессов на основе метода дискретных элементов	48
В.В.Мусихин. Принципы повышения надежности сведений об оседаниях земной поверхности при интерферометрической обработке радарных данных	53
– ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
В.Н.Калмыков, М.В.Рыльникова, О.В.Петрова, Т.П.Плесовских. Методика оценки эколого-экономической эффективности освоения участка недр.....	59
Е.А.Горбатова, Е.А.Пузанкова. Анализ дисперсного состава текущих хвостов обогащения колчеданных руд Южного Урала.....	65
– ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ	69
– ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ТВОРЧЕСТВО АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ.....	71
– ИНФОРМАЦИЯ.....	74

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ



НП «СРГП «Горное дело»

Некоммерческое партнерство
«Содействие развитию горной промышленности
«Горное дело»

Адрес: 105066, РФ, г. Москва, ул. Старая Басманная, д.25, стр.5, оф.19
Тел./факс: 8 (495) 641-06-94; e-mail: gd@mwork.su; www.mwork.su; www.gorodelo.pf

Исх. № 04-02/5 от 18.01.2012
На №

**Руководителям горно- и
нефтегазодобывающих
компаний**

В ноябре-декабре 2011 года Минприроды России опубликовало на своём сайте в сети интернет две редакции проекта постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Порядка установления и изменения границ участков недр, предоставленных в пользование» (далее – проект постановления). Текст можно посмотреть на сайте Минприроды России и на сайте НП «СРГП «Горное дело».

Предложенный данным проектом порядок, ввиду многочисленных ошибок и противоречий действующему законодательству, получил негативную оценку в среде горной общественности. О чём было заявлено в коллективном письме Правительству Российской Федерации. При этом в адрес НП «СРГП «Горное дело» поступил ряд писем в поддержку предложенных в коллективном письме изменений проекта постановления.

В целях оптимизации законодательных требований по уточнению границ горных отводов, устранения необоснованных административных барьеров предлагаем направлять письма в поддержку данной инициативы в НП «СРГП «Горное дело» для их обобщения и последующего представления в Правительство Российской Федерации, Государственную Думу и Президенту Российской Федерации.

Приложение: письмо Правительству Российской Федерации «Об уточнении границ горных отводов» на 5 л. в 1 экз.

**Председатель Совета
Партнёрства**

В.В.Грицков

**Председателю Правительства
Российской Федерации
В.В.Путину**

Об уточнении границ горных отводов

Уважаемый Владимир Владимирович!

Минприроды России в целях реализации Федерального закона от 18.07.2011 №222-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и статью 8.2 Федерального закона «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации» подготовило проект постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Порядка установления и изменения границ участков недр, предоставленных в пользование».

В проекте «Порядка установления и изменения границ участков недр, предоставленных в пользование» (далее - Порядок) предусмотрена чрезмерная регламентация вопросов уточнения границ участков недр, при отсутствии реальных технических механизмов их геометризации, обеспечения охраны недр и промышленной безопасности. Так предусмотрено только использование дающих погрешности в сотни метров географических систем координат, взамен применяемых в настоящее время при уточнении границ горных отводов точных прямоугольных систем координат. Не учтены особенности правового статуса участка недр, предоставленного для геологического изучения недр, и участка недр, предоставленного для разведки и добычи полезных ископаемых, понятия горного и геологического отвода вообще отсутствуют. Не учтены случаи, когда на расширяемом участке недр оказываются подлежащие охране от вредного влияния горных работ объекты поверхности, в пункте 16 при принятии решений об изменении границ участков недр фактически учитываются только решения государственной комиссии по запасам. При этом игнорируются результаты государственной экспертизы проектной документации, экспертизы промышленной безопасности, проектные решения на разработку месторождений полезных ископаемых, которые необходимы для учета вопросов промышленной безопасности.

Основное содержание Порядка заключается в регламентации прирезки запасов к горному отводу, как в плане, так и по глубине, а также во внедрении платы за прирезаемые запасы. В целях предотвращения потерь запасов на краевых участках месторождений, а также для снятия ограничений по освоению глубоких горизонтов, что по мере выработки запасов становится все более актуальным, эту проблему необходимо решать. Но предложенный громоздкий механизм, с привлечением Генштаба, Росприроднадзора, Росрыболовства, администраций субъектов Российской Федерации, а в случае участков недр федерального значения и Правительства Российской Федерации, будет действовать только в отношении прирезки запасов к особо крупным месторождениям.

Пользователи средних и мелких месторождений на такую процедуру попросту не пойдут. Им будет гораздо проще и дешевле краевые запасы бросить. Предлагаемый порядок направлен на предотвращение развития среднего и мелкого горного бизнеса, потерю мелких краевых участков месторождений, так называемых «пупков».

Действующими нормативными документами предусмотрена необходимость включения в границы горного отвода запасов, разработка которых по технико-экономическим причинам иным недропользователем нецелесообразна. Понятие нецелесообразности отработки иным недропользователем прирезаемых запасов, что одно только и оправдывает их прирезку, в рассматриваемом Порядке отсутствует и является основным фактором особой коррупционности данного документа. Так как он нацелен на особо крупные месторождения, то предлагаемая 20-процентная квота прирезок запасов в плане будет заведомо включать участки, целесообразные к самостоятельной разработке и подлежащие по действующему законодательству к выставлению на конкурсы и аукционы.

В отношении же расширения границ горных отводов по безрудным площадям, с целью обеспечения безопасности горных работ, обеспечения нормального технологического цикла, предусмотренного проектными решениями, предлагаемый механизм не только абсурден, но и противоречит действующему законодательству. Так в соответствии со статьей 7 Закона Российской Федерации «О недрах», введенной в действие до поправок от 18.07.2011, для реализации которых разработан рассматриваемый Порядок, предусмотрено уточнение границ горных отводов с учетом положения участка строительства и эксплуатации подземных сооружений, границ безопасного ведения горных и взрывных работ, зон охраны от вредного влияния горных разработок, зон сдвиги горных пород, контуров предохранительных целиков под природными объектами, зданиями и сооружениями, разросов бортов карьеров и разрезов и иных факторов. При этом документы, определяющие уточненные границы горного отвода с характерными разрезами, ведомостью координат угловых точек, включаются в лицензию в качестве неотъемлемой составной части.

В Порядке понятие уточнения границ горного отвода опущено, апробированный многолетней практикой действующий механизм такого уточнения посредством оформления горноотводной документации органами

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ

Ростехнадзора фактически предлагается разрушить. Ранее действовавшие законодательные требования по уточнению границ с учетом требований безопасности горных работ и выполнения проектных решений искусственно включены в правовой режим поправок от 18.07.2011, предназначенных для прирезок запасов.

При этом следует учесть, что обоснование границ горных отводов является одним из основных видов маркшейдерских работ, лицензирование которых осуществляет Ростехнадзор, как и контроль за деятельностью маркшейдерских служб. Уточнение границ горных отводов является одним из самых сложных инженерных видов маркшейдерских работ и в системе федеральных органов власти специалисты маркшейдерского профиля имеются только в составе Ростехнадзора, который в рассматриваемом Порядке вообще исключен из числа участвующих в его реализации ведомств.

В результате мы лишаемся технических механизмов обеспечения безопасности горных работ, а взамен получаем нереализуемые на практике проблемы взимания платы за прирезки безрудных зон, необходимых для нормальной работы горного предприятия, попадаем под требование однократного изменения границ, хотя для обеспечения безопасности работ и реализации проектных решений необходимость в прирезках безрудных зон может возникать неоднократно, для прирезки безрудной зоны, необходимой для строительства въездной траншеи на самый мелкий карьер по добыче песка будем вынуждены обращаться в Генштаб и иные организации, выполняющие особо ответственные государственные функции, и осуществлять иные явно бессмысленные действия.

В существующем виде Порядок противоречит государственным интересам и нуждам развития горной промышленности, особенно мелкого и среднего горного бизнеса, создает условия для развития коррупции и подлежит коренной переработке. В Порядке необходимо предусмотреть:


- для случаев разноски предварительных границ горного отвода на безрудные площади нераспределенного фонда недр использование механизма оформления органами Ростехнадзора горноотводной документации с ее регистрацией в качестве неотъемлемой составной части лицензии;
- в случае средних и мелких месторождений в целях предотвращения потерь краевых частей запасов в пределах 20-процентной квоты платы за прирезку запасов не взимать, прирезку осуществлять посредством горноотводной документации на основании заключения государственной комиссии по запасам о нецелесообразности по технико-экономическим причинам отработки прирезаемых запасов иным недропользователем;
- ввести для всех случаев прирезки запасов наличие заключения государственной экспертизы запасов о нецелесообразности по технико-экономическим причинам отработки прирезаемых запасов иным недропользователем;
- с целью уточнения границ горных отводов после принятия решений о прирезках запасов и внесения соответствующих изменений в лицензию, оформлять горноотводную документацию в прямоугольных системах координат, с ее регистрацией в качестве неотъемлемой составной части лицензии.

По Вашему поручению горная общественность готова в кратчайшие сроки разработать альтернативный проект «Порядка установления и изменения границ участков недр, предоставленных в пользование», учитывающий государственные интересы и нужды развития горной промышленности.

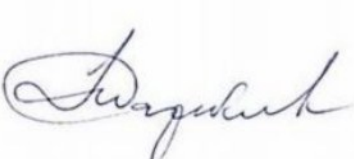
Президент Общероссийской общественной
организации «Союз маркшейдеров России»
Заслуженный шахтер Российской Федерации


В. С. Зимич


Председатель Совета ветеранов Ростехнадзора,
Заслуженный шахтер Российской Федерации


М. П. Васильчук

Председатель Совета
Союза артелей старателей


В. И. Таракановский

Председатель Совета НП «СРГП «Горное дело»


В. В. Грицков

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПЕРЕОЦЕНКЕ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ ВАЛУНЧАТЫХ ХРОМОВЫХ РУД САРАНОВСКИХ РОССЫПЕЙ

Предложен комплексный подход к переоценке остаточных запасов валунчатых хромовых руд россыпей в районе пос.Сараны Пермского края. Даны рекомендации по дальнейшей разработке россыпей, позволяющие обеспечить максимальную полноту извлечения полезного ископаемого, сохранив приемлемые экономические показатели.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: россыпь валунчатых хромовых руд; выход рудного валуна; оценка запасов; экономические показатели.

В районе пос.Сараны Пермского края известны элювиально-делювиальные россыпи валунчатых хромовых руд, которые разрабатываются с начала прошлого века. Образование россыпей произошло за счет денуда-

ции коренных магматических источников (Главного Сарановского и Южно-Сарановского месторождений, а также небольших рудопроявлений) (рис.1). Валунчатые хромовые руды разрабатываются с 20-х гг. прошлого века.

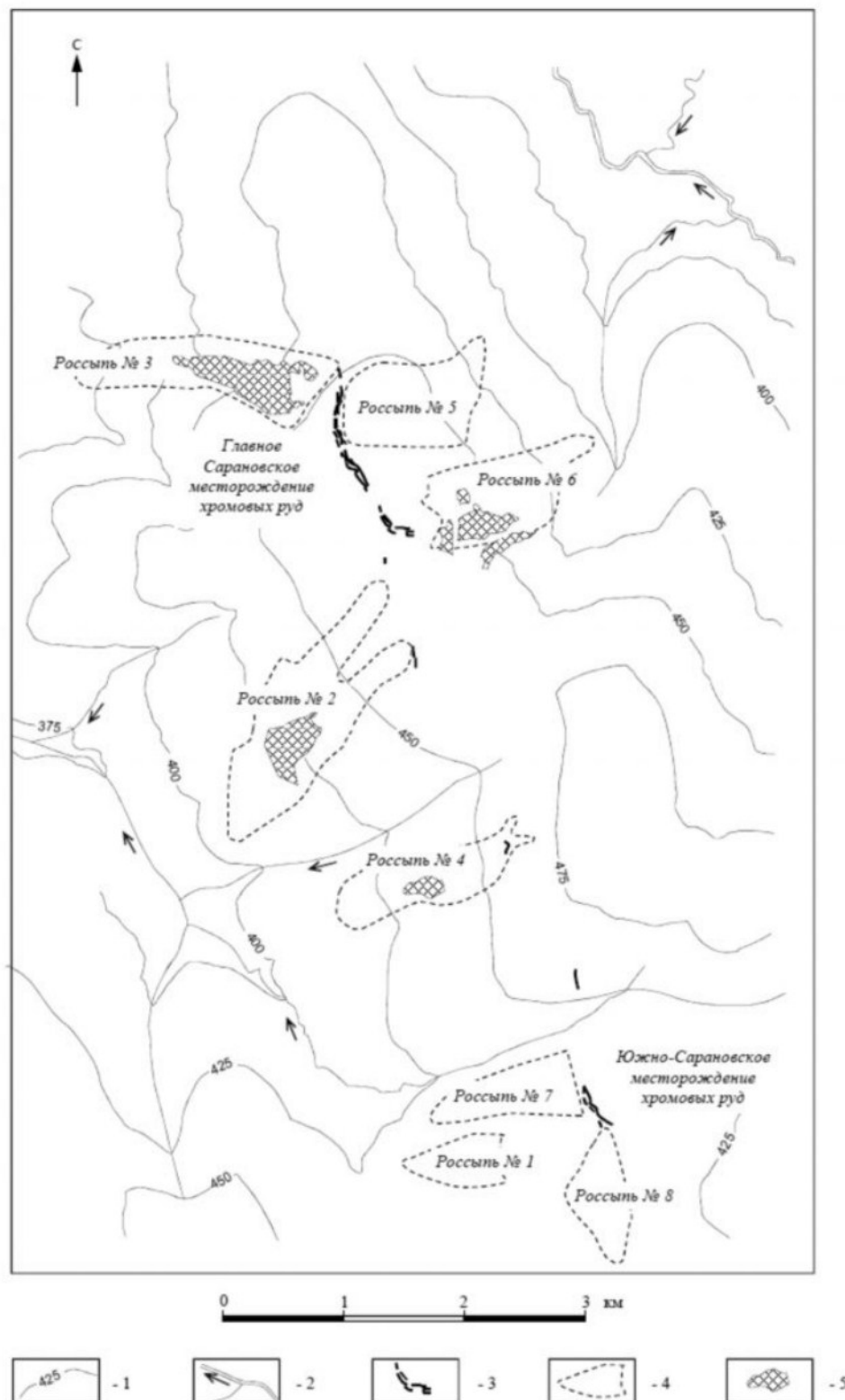


Рис. 1. Схема пространственного расположения коренных выходов и валунчатых россыпей хромовых руд в районе пос. Сараны Пермского края

1 - изогипсы рельефа; 2 - реки и ручьи; 3 - коренные выходы хромовых руд (ныне отработанные); 4 - площади распространения элювиально-делювиальных хромитонесных отложений; 5 - участки россыпей, разрабатывавшиеся в предыдущие годы

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Продуктивный слой представлен вязким коричневым суглинком (60-90% масс.), содержащим полуокатанные, окатанные и хорошо окатанные (по [1]) валуны хромитов, серпентинитов, габбро-долеритов, дресву и щебень слюдисто-кварцевых сланцев (10-40% масс.). Размеры рудных обломков - 1-40 см; иногда достигают 80 см. Руды, преимущественно, густо-вкрапленные.

Россыпи расположены на склонах возвышенностей, имеют в разрезе пластообразную форму, вытянутую в плане вниз по склону, длину в пределах нескольких сотен – первой тысячи метров, ширину первые сотни метров, мощность продуктивного слоя от десятых долей до первых метров (средняя по разным россыпям 1,0-1,3 м) и мощность перекрывающих «торфов» 0,3-0,9 м [2].

Хромитоносные отложения залегают на глинисто-щебенистых продуктах выветривания слюдисто-кварцевых сланцев, реже серпентинитов, габбро.

Структурный контроль природных хромитоносных отложений осуществляется древними погребенными логами. Границы высокопродуктивных участков достаточно резкие. В большинстве случаев внешний контур интерполируется между высокопродуктивными (с выходом рудного валуна более 100 кг/м^3) и безрудными выработками. Переходная зона (выход валуна $10-100 \text{ кг/м}^3$) вскрыта единичными выработками. В приконтурной зоне (в плане) непрерывный характер оруденения сохраняется при выходе рудного валуна из краевой выработки 30 кг/м^3 и более. При меньшем выходе сплошность оруденения нарушается, в приконтурных зонах появляются «отшнурованные» низкопродуктивные изолированные участки. Предлагается величину 30 кг/м^3 принять в качестве минимального выхода рудного валуна из краевой выработки. Ранее величина этого критерия составляла 100 кг/м^3 . Подобное решение позволит обеспечить максимальную полноту извлечения полезного ископаемого, сохранив приемлемые экономические показатели.

На период переоценки запасов россыпей в 2010-2011 гг. природная их структура существенно нарушена горными работами предыдущих лет, проводившихся, преимущественно, в центральных наиболее продуктивных частях. Структурная неоднородность россыпей представлена реликтовыми «целиковыми» участками, техногенными образованиями (внутренними отвалами) и полностью отработанными (зачищенными до плотика) площадями.

На долю участков, нарушенных горными работами, приходится 20-25% от общих площадей россыпей. Площадной коэффициент рудоносности (сплошности оруденения) оставшихся целиковых запасов варьирует от 0,75 до 0,80.

До 90-х гг. прошлого столетия разработка продуктивных отложений осуществлялась экскаваторными заходками, ориентированными, преимущественно, по простиранию россыпей в направлении богатых «струй», плохо поддающихся геометризации. Суть технологической схемы разработки заключалась в механизированном «перелопачивании» продуктивного слоя и ручной выемке хромового валуна.

Результаты опытно-промышленной разработки россыпей №2 и №4 в 2005-2011 гг., а также материалы разведочных работ по оценке полноты выемки

хромового валуна, проводившихся в 2010-2011 гг. на нарушенных горными работами площадях россыпей, свидетельствуют о наличии недоизвлеченного хромового валуна, вследствие несовершенства применявшейся прежде технологии разработки целиковых запасов.

Среднее содержание хромового валуна во внутренних отвалах отдельных россыпей варьирует от 31 до 268 кг/м^3 .

Основным экономическим критерием, определяющим промышленную значимость оставшихся запасов валунчатых хромовых руд, включая и техногенные образования, является эмпирическая величина минимального промышленного выхода – «промминимума», при котором достигается равенство ценности извлекаемого продукта затратам на его получение [3].

Принимая во внимание сравнительно простые горно-геологические условия, небольшие объемы годовой добычи, а также возможность ведения горных работ в нескольких забоях, критерий «минимальный промышленный выход рудного валуна» предлагается применять ко всем остаточным (целиковым и техногенным) запасам россыпи, а не к отдельным геологическим блокам.

Расчетная величина минимального промышленного выхода оказалась ниже среднего выхода обломочных руд из остаточных запасов россыпей.

Учитывая слабую дифференциацию рудного вещества, обусловленную близостью коренных источников, «усугубленную» на отдельных участках россыпей ранее проводившимися горными работами (рис.2), целесообразно производить сплошную разработку россыпей параллельными смежными заходками, ориентированными вкрест простирания продуктивных отложений и захватывающими как целиковые, так и техногенные участки.

Обязательными условиями дальнейшей разработки россыпей должны являться: проведение систематической эксплуатационной разведки и осуществление шихтовки разнородных хромитоносных продуктов в преддверии их дальнейшей переработки.

«Ущербность» ранее применявшейся ручной выборки хромового валуна из разрабатываемых продуктивных отложений очевидна.

С 90-х годов внедряется технология промывки глинистых продуктивных отложений в скруббер-бутаре, после чего промытый разнородный валун (промпродукт) направляется на фабрику для обогащения в тяжелой суспензии с целью получения хромового концентрата.

По результатам геологоразведочных работ 2010-2011 гг. отмечено, что фракция рудного валуна $-50+10 \text{ мм}$, ранее не учитывавшаяся при подсчете запасов хромовых руд, составляет от 10 до 30% от общей массы рудного валуна. Доля руды во фракциях $<10 \text{ мм}$ составляет менее 1%. С учетом технологической возможности извлечения мелкой фракции обломков, минимальный кондиционный размер извлекаемого рудного валуна должен быть пересмотрен с 50 до 10 мм.

Качественные характеристики валунчатых хромовых руд сарановского типа (содержание Cr_2O_3 - 36-39%, SiO_2 - 4-6%, CaO - 0,1-0,3%, FeO - 14-15%) позволяют их использовать в металлургическом производстве.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

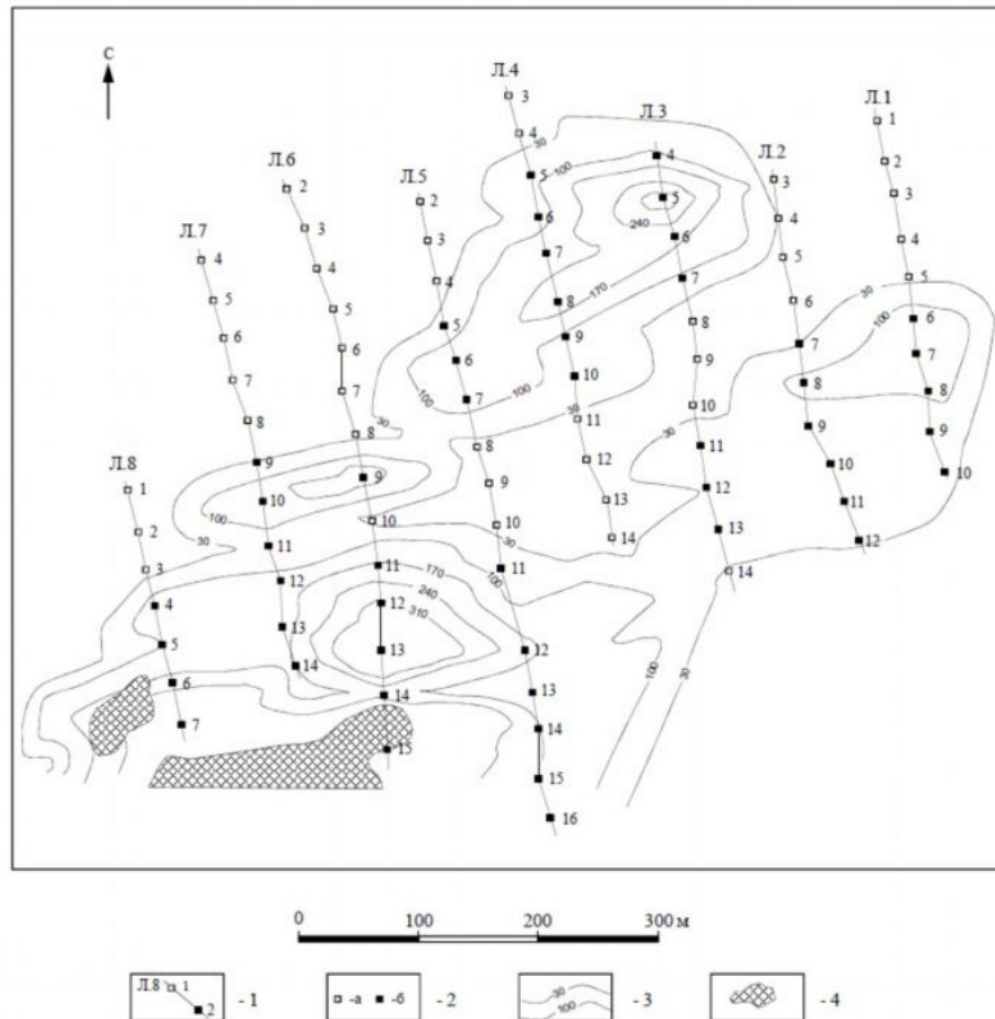


Рис. 2. План изолиний выхода хромового валуна из продуктивных отложений Сарановской россыпи №2 (фрагмент верховьев и центральной частей россыпи):

1 - линии разведочных шурфов; 2 - разведочные шурфы (а - безрудные, б - рудные); 3 - изолинии выхода хромового валуна (в кг) из 1 куб. м продуктивных отложений; 4 - участки россыпи, разрабатывавшиеся в предыдущие годы

Минимальное содержание (в %) полезного компонента (триоксида хрома) и максимально допустимое содержание (в %) вредной примеси (оксида кальция) в рудах определяются требованиями технических условий потребителя на товарную руду: минимальное промышленное содержание полезного компонента Cr_2O_3 в валунчатых хромовых рудах россыпи – не менее 36%, максимально допустимое содержание вредного компонента CaO – не более 0,4%. Требования технических условий отвечают природным особенностям рудных валунов, представленных, преимущественно, густо-крапленными «массивными» рудами с содержанием Cr_2O_3 38-40% с незначительной долей обломков вкрапленных руд (до 10%).

Необходимость использования других параметров кондиций, таких как бортовой выход рудного валуна, максимально допустимая мощность прослоев пустых пород, включаемых в контур подсчета запасов, неактуальна, поскольку опробование россыпей выполнено на полную мощность продуктивного слоя валовым способом. Нет необходимости и в обосновании минимальной мощности продуктивного слоя, учитывая, с одной стороны, её достаточно выдержанный характер, с другой –

широкие технические возможности современной техники (в частности, гидравлических экскаваторов).

Эффективная доработка остаточных запасов, включая и техногенные отложения, может быть обеспечена путем одновременного промышленного освоения нескольких сближенных объектов различной продуктивности и техногенной нарушенности при условии отработки их в определенной последовательности с целью формирования сбалансированной по качеству шихты. В подобном случае одна лицензия должна обеспечивать право разработки остаточных запасов нескольких небольших объектов.

Литература

1. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. - М.: Недра, 1981. - 751 с.
2. Отчет о результатах геологоразведочных работ, проведенных на Главном Сарановском месторождении хромитов и россыпях валунчатых хромитов за 1967-1976 гг. / А.А. Бронников [и др.]. - Сараны, 1977. - 125 с.
3. Методическое руководство по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений. - М.: ГКЗ, 1994. - 37 с.

Игорь Викторович Абакумов, канд. г.-м.наук, главный геолог, т.8-908-634-03-25; Юрий Александрович Скорик, инженер-технолог, аспирант (ООО «Проекты и Технологии – Управление и Разработка» - филиал в г.Североуральск), т.(343)80-202-11

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Изложены результаты анализа горно-геологических условий разработки угольных пластов, горно-геологических условий залегания угольных пластов и качественных характеристик угольных пластов на действующих и перспективных шахтах. Описана база данных и программный интерфейс для прогнозирования развития сырьевой базы угольной промышленности России, разработанная на основе выполненных исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергетическая стратегия; горно-геологические условия разработки; качественные характеристики; прогноз; информационная система; база данных.

В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030 года предполагается увеличение объемов добычи угля и замещение им значительной доли природного газа при выработке для нужд населения и промышленности России электрической и тепловой энергии. Кроме того, наращивание экспорта газа из России в другие страны является одним из наиболее действенных инструментов внешней политики нашей страны. В ближайшее десятилетие потребность в газовом топливе в европейских странах будет неуклонно возрастать и обеспечивать ее в значительной мере должна будет Россия. Таким образом, высвобождение части природного газа за счет наращивания доли угля при выработке энергии является не только стратегической задачей внутренней политики России, но и внешней.

В связи с вышеизложенным были выполнены исследования, целью которых являлся анализ горно-геологических условий разработки угольных пластов на действующих и перспективных шахтах, анализ горно-геологических условий залегания угольных пластов, оценка качественных характеристик угольных пластов. Была проанализирована и сведена в единую базу данных информация по 207 действующим и 220 перспективным угольным пластам.

Анализ горно-геологических условий разработки угольных пластов позволил разработать классификации и типизации угольных пластов, характеризующих, с одной стороны, степень их пригодности к эффективной разработке, а с другой - особенности геологического строения пластов, их разрушаемости и физико – механические свойства углевмещающих горных пород применительно к выбору очистного и проходческого оборудования. Разработанные типизации были сведены в единую классификационную матрицу, каждый элемент которой соответствует определенной группе по строению и категории по разрушаемости пласта и может приниматься в качестве совокупного классификационного показателя.

Результаты анализа горно-геологических условий залегания угольных пластов легли в основу типизации угольных пластов по степени их пригодности к эффективной отработке. В соответствии с типизацией пласты делятся условно на высокотехнологичные (рентабельность 16-30%), технологичные (рентабельность 5-15%) и нетехнологичные (рентабельность менее 5% или равная нулю).

Для анализа качественных характеристик уголь-

ных пластов оценивались показатели пластовой зольности, влажности угля, содержания серы в угле, выход летучих, высшая теплота сгорания угля. Сводные данные о всех вышеприведенных характеристиках угольных пластов, разрабатываемых подземным способом, позволили дать обобщенные качественные характеристики различных марок угля по основным угледобывающим бассейнам России.

Результаты выполненных исследований легли в основу информационной системы для прогнозирования развития сырьевой базы угольной промышленности. Система дает возможность прогнозной оценки добычи угля на заданный срок, а также позволяет дать перспективную оценку по уровню технологичности шахт и по типовым условиям. При прогнозировании учитываются данные только по тем шахтам, которые на указанный пользователем период являются действующими. Список действующих шахт формируется из перечня не выведенных из эксплуатации на заданный пользователем год и из перечня перспективных шахт, планируемых к вводу в заданном году. Полный перечень прогнозных оценок следующий:

- прогноз по добыче в целом и в разбивке по маркам угля по всей отрасли и по отдельным регионам на указанный год;
- прогноз по уровню технологичности шахт по всей отрасли и по отдельным регионам;
- прогноз по типовым условиям по отрасли;
- прогноз по типовым условиям по регионам.

Информационная система состоит из двух основных модулей: модуля ввода и редактирования информации и модуля выдачи прогнозов. Вся информация хранится в базе данных под управлением СУБД MS SQL Server 2008. Модуль ввода и редактирования информации представляет собой интерфейс к базе данных, позволяющий пользователю наполнять базу актуальной информацией и редактировать данные. Информация, вводимая в базу, разделена на три основные группы: данные по действующим шахтам, данные по перспективным шахтам и справочники. По действующим и перспективным шахтам хранится информация о горно-геологических условиях разработки и залегания и качественных характеристиках угольных пластов, а также объем среднесуточной добычи угля. Справочники содержат описания хрупкопластических свойств угля, литотипов, структур твердых включений и типов кровли.

При вводе в базу данных об отдельном уголь-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

ном пласте автоматически определяется типовая группа по сложности строения и категории разрушаемости пласта. В случае, если данных недостаточно, расчет данного показателя не осуществляется, но при этом сохраняется возможность последующего редактирования данных о пласте с целью дополнения информации до минимума, необходимого при расчете типовых условий.

Модуль прогнозирования позволяет получить

отчет по добыче угля, по уровню технологичности шахт и по типовым условиям на период, заданный пользователем. Кроме того, в данном модуле редактируется список действующих и перспективных шахт. Редактирование заключается в исключении шахт из списка действующих и имитация ввода в эксплуатацию перспективных шахт. При этом в базе данных шахта помечается как действующая или выведенная из эксплуатации.

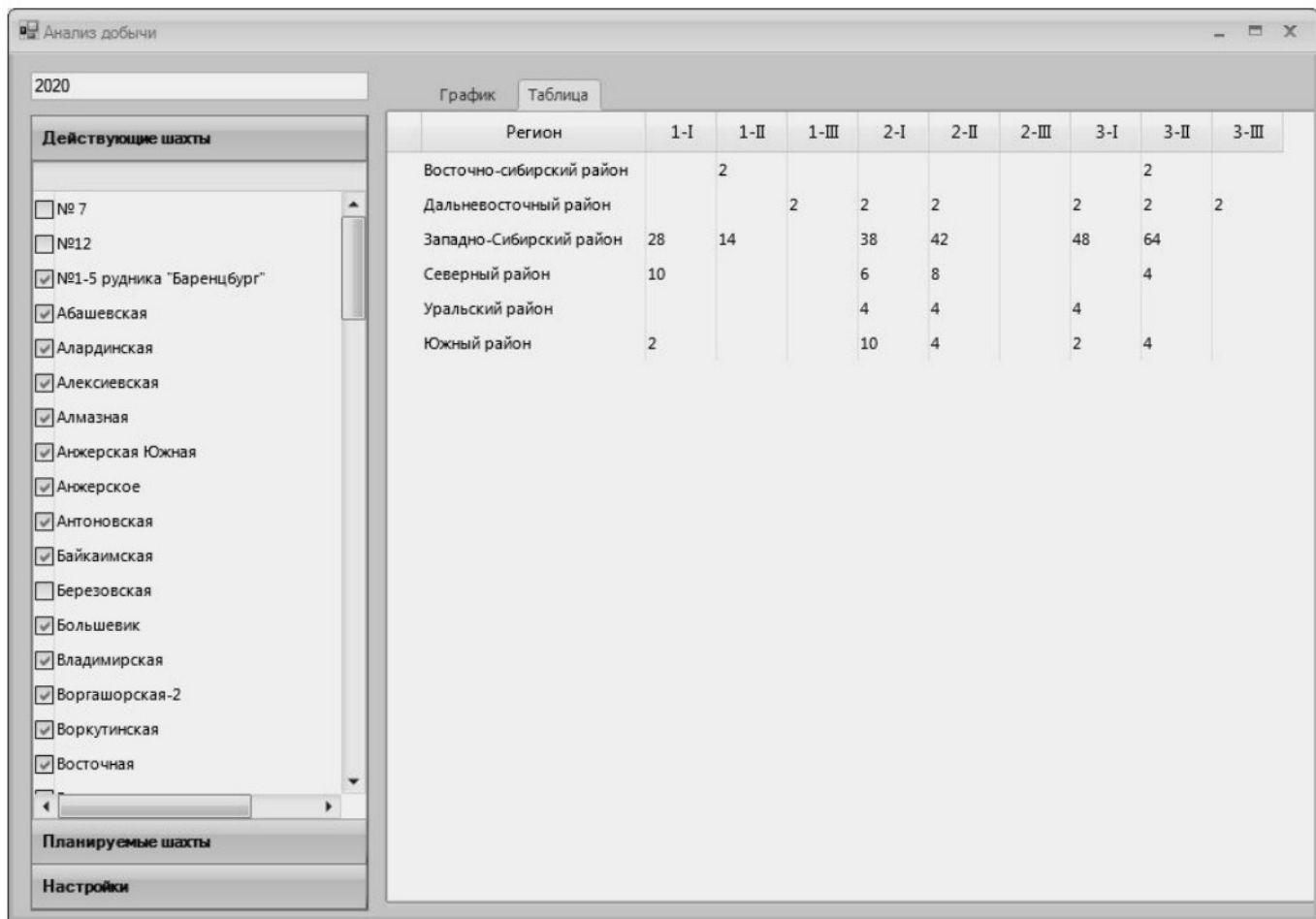


Рис. 1. Внешний вид интерфейса модуля выдачи прогнозов с примером прогноза на 2020 год

Все дальнейшие прогнозы строятся на основе списков шахт, эксплуатируемых в заданном году. При расчете все неперспективные шахты, закрытые до указанного года, и перспективные, введенные в эксплуатацию после года, на который строится прогноз, из списка исключаются. Прогноз выдается пользователю в табличном виде или в виде графика (рис.1).

Дальнейшие исследования автора направлены на разработку Web-приложения, объединяющего базу данных, модуль ввода, редактирования и прогнозирования. Приложение будет размещено на сервере, подключенном к сети Internet, что позволит всем заинтересованным пользователям получать актуальную информацию о состоянии шахтного фонда РФ.

Владимир Юрьевич Линник, к.т.н., доцент кафедры экономики и управления в нефтегазовом комплексе Государственного университета управления, тел. (499)784-60-05

ОТ ДОРОГ АНТИЧНЫХ К ДОРОГАМ ЖЕЛЕЗНЫМ

Редакция продолжает публикацию серии увлекательных статей Ф.М.Аггеева по развитию античной полигонометрии и инженерной геодезии и их влиянию, в частности, на развитие дорожного и железнодорожного строительства на протяжении, как минимум, двух тысячелетий.

Редакция опубликует также любые полемические отклики на отдельные приведенные факты или выводы автора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: античность; геодезия; дорожное строительство; инженерные изыскания; полигонометрия.



История цивилизации показывает, что в период античности был заложен фундамент в развитии многих европейских наук и искусств. Заметный след античность оставила и в истории геодезии. Особо важную роль сыграло дорожное строительство, которое инициировало развитие

античной полигонометрии, создало первооснову геодезических линейных изысканий и значительно продвинуло развитие инженерной геодезии. Последнее стало возможным главным образом благодаря строительству объектов путевого обеспечения: насыпей, выемок, туннелей, мостов, переправ, почтовых станций и т.п. Перечисленный комплекс работ, как оказалось, характерен не только для современных автодорог, ставших «прямым правопреемником» дорог античных, но характерен также и для железных дорог, особенно в ранний период их становления. Иными словами – современные авто- и железные дороги произошли от одного первоисточника. В настоящей статье делается попытка описать имевшую место привнесенность античности в историю железнодорожного строительства.

Лучшие греческие дороги, ставшие далеким прототипом дорог железных, не были ни военными, ни торговыми. Они предназначались для богослужения и представляли высеченную в камне в виде желоба двойную колею, по которой двигались колеса жертвенных повозок. В отдельных местах к дорогам такого типа, как и к нашим железным, примыкали боковые ответвления, позволявшие переходить с одного пути на другой. Следы дорог, устроенных по описанной греческой системе, рассеяны по всей Эллад.

К этому же типу дорог можно отнести древнегреческий диолк (гр. diolk – протяжка кораблей) – каменную дорогу-волок, которую греки использовали для перевозки кораблей через Коринфский перешеек (рис.1) Описание диолка встречается у Фукидида. Торговые суда предварительно разгружали, груз перекладывали на тележки и перевозили отдельно. Длина волока составляла 6,3 км. Как и в случае с «жертвенными» дорогами в качестве пути использовались вырубленные в камне желоба, в которых, правда, помещались уже не колеса телег, а смазанные жиром полозья. Коринфский диолк пользовался большой известностью, поскольку был не только единственным, но и наиболее безопасным местом для прохода между Эгейским и Ионическим морями.



Рис. 1. Греческий диолк – далекий прообраз будущих железных дорог

В дальнейшем применение рельс (ст. франц. *reilley* – брусок, полоса) греческого типа, то есть в виде двух параллельных желобов, мы встречаем вновь уже в XVI веке в шахтах Германии. Дороги были уже не каменными, а деревянными и применялись для перемещения вагонеток. Деревянные дороги быстро изнашивались, поэтому спустя время их стали заменять на чугунные (рис.2). Первые чугунные дороги с колеями были проложены в английских рудниках Ричардом Рейнольдсом около 1738 года. Вскоре новый вид рудничных путей стал активно применяться во всей Англии. Рельсы Рейнольдса имели в поперечном сечении форму латинской буквы «U», их ширина составляла 11 см, а длина 150 см. Своими желобами рельсы пришивались к деревянным брускам. Дорога, оснащенная чугунными рельсами, стала отвечать термину «железная», хотя до современной дороги этого типа было еще далеко. Чугунные рельсы постоянно совершенствовались, но попытки устранить основной недостаток чугуна – хрупкость – привели в конечном счете к замене чугуна на железо.



Рис.2. Чугунный рельсы с U-образной колеей в виде желоба

Другим древним прототипом современного рельсового пути были параллельно уложенные деревянные балки с катками. Подобного типа дороги применяли еще египтяне для перевоза каменных блоков при постройке пирамид (рис.3). Делалось это примерно так. От каменоломни до намеченного пункта выравнивалась полоса грунта, на которую параллельно выкладывались деревянные бревна или балки. С обеих сторон этих бревен на одинаковых расстояниях забивались в землю штыри с таким расчетом, чтобы образовалось по 4 штыря с каждой стороны бревна. Между штырями помещали одинаковых размеров катки. Участки контактов катков с бревнами и штырями смазывали маслом. Позднее от катков перешли к колесам, которые несли предназначенную для груза раму. Дальнейшее развитие дорог в виде продольных балок, как и ранее приведенных дорог с продольными желобами, получило в XVII веке в горных рудниках. Дороги и колеса повозок были деревянными (рис 4). Первая такая дорога была построена в Англии в 1603-1604 гг. и использовалась для перевозки угля. Деревянные рельсы оставались в употреблении почти два столетия. В описании, сохранившемся от 1765 года, встречается следующая информация об их устройстве: «Дороги состояли из тщательно распиленных бревен 6 дюймов ширины и 5 толщины, положенные на другие поперечные лежни в 4 футах расстояния друг от друга и прикрепленных к ним деревянными клиньями. По первым двигались колеса повозок. Пространство между бревнами заполнялось золой или крупным песком. По этим деревянным рельсам двигались запряженные лошадьми небольшие повозки на чугунных колесах с закраинами» (рис.5). Выступавшие над поверхностью рельсы получили значительно большее распространение, чем рельсы типа желобов. С появлением чугунных, а затем и железных рельс, форма их поперечного сечения многократно менялась, пока не приблизилась к современной.

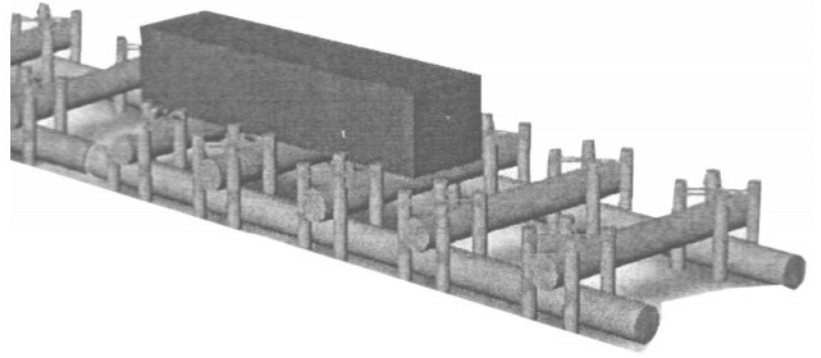


Рис.3. Макет египетской дороги для перевозки каменных блоков



Рис.4. Деревянная дорога XVI века с вагонеткой



Рис.5. Сохранившиеся деревянные рельсы у поселка Коли

Далеким прообразом всех паровых двигателей была паровая турбина Герона, доказавшая возможность превращения энергии пара в механическую работу. Затем, в 1663 г., И.Ньютоном была высказана

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

идея о создании самоходной повозки с реактивным двигателем и паровым котлом. В 1773 г. был изобретен трехколесный паровой автомобиль Кюньо (рис.6). При первом же испытании водитель не сумел справиться с управлением и автомобиль врезался в стену каменного дома. За автомобилем Кюньо началась эпоха утверждения паровоза.

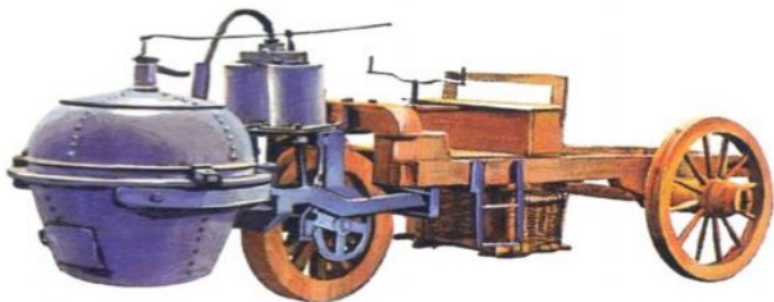


Рис.6. Паровой автомобиль Кюньо, 1773 г.

Движущими силами на железных дорогах долгое время оставалась конная тяга и люди. В 1801 г. в Англии между Чондсвортом и Кройденом была открыта первая пассажирская железная дорога с конной тягой. В 1803 г. появился первый паровоз, работавший на рельсовом пути (рис.7) Он был построен Ричардом Тревитиком и развивал скорость до 8 км/час. Несмотря на успешное испытание паровоз не получил широкого признания. В те годы существовало предубеждение о том, что сцепление между гладкими рельсами и колесами было весьма слабым. Чтобы гарантировать надежность, была построена специальная зубчатая железная дорога протяженностью в 5,6 км, по которой в 1812 г. прошли испытания специального паровоза. Впоследствии от зубчатых дорог отказались, но они стали востребованы для альпийских условий Швейцарии. Помимо зубчатых в горных условиях хорошо зарекомендовали себя дороги с канатной тягой. Родословная таких дорог берет начало в Древнем Египте, Греции и Риме. В 1755 г. канатно-конную тягу стали применять в России на одном из рудников Алтая. Наиболее же активно канатная тяга стала использоваться лишь в начале XIX века. Характерным примером служит применение ее в Англии на железной дороге между Стоктоном и Дарлингтоном. На указанной дороге протяженностью в 40 км находились два холма высотой 50-60 метров. Обходить холмы не хотели и, в подражание древним римлянам, направление пути было выбрано строго прямолинейным. Движение происходило следующим образом. На вершине обоих холмов под специальным укрытием были установлены стационарные паровые машины. К подножию первого холма поезд подвозили лошади, затем поезд прицепляли к канату, которым подтаскивали его наверх с помощью парового двигателя. После спуска с первого холма, проводимого также с участием каната, к вагонам вновь прицепляли лошадей, на которых добирались до второго холма. Здесь процедура подъема и спуска вновь повторялась

(Г.Гюнтер, с.11). Чтобы предотвратить при спуске возможную катастрофу, которая могла наступить в случае разрыва каната, спереди первого вагона прикрепляли железные штанги, которые в момент разрыва падали на путь и останавливали поезд. Канатная тяга позволила использовать железные дороги при значительном увеличении уклона. Впоследствии технология эксплуатации канатных дорог неоднократно совершенствовалась.

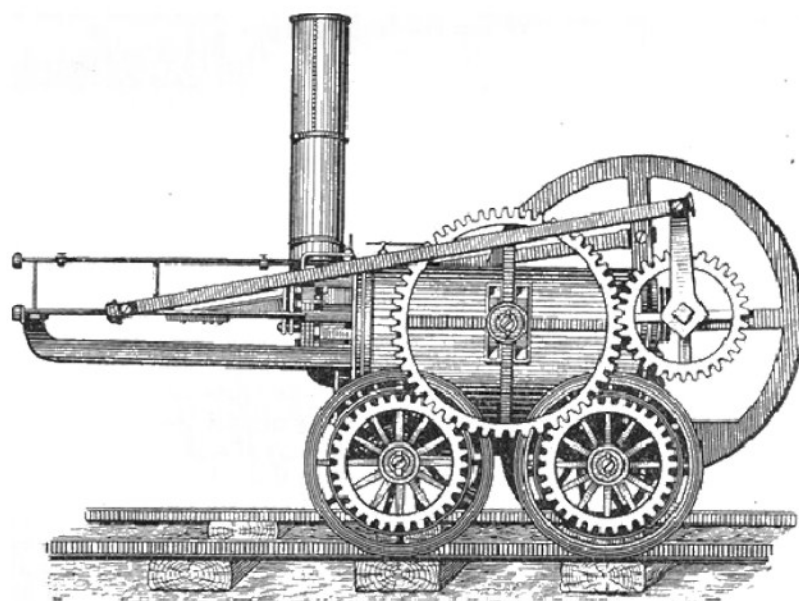


Рис.7. Паровоз Тревитика, 1803 г.

Первая железная дорога между относительно большими городами была открыта в Англии в 1830 году. Она соединяла промышленный Манчестер с портовым Ливерпулем. Длина дороги составляла 56 км. Отношение прессы к первым железным дорогам было настроенно-враждебным. Газеты писали о том, что дороги помешают коровам пастись, а курам нести яйца. Говорили, что отравленный паровозом воздух будет убивать пролетающих птиц, а у людей вызывать сложные заболевания мозга. Предупреждалось, что путешествие по таким дорогам чрезвычайно опасно, поскольку в случае неполадок с котлами путешественники будут разорваны на части.

Несмотря на угрозы железные дороги продолжали развиваться. Улучшались паровозы и условия комфортности. Появились вагоны для пассажиров 1, 2 и 3 класса. Традиции старого оказались очень сильны. Пассажиры первого класса нередко располагались в каретах, которые укрепляли прямо на открытой платформе (рис. 8). Как и положено, на козлах восседал кучер, а дамы прикрывались зонтиками от солнца, а заодно и от дыма. Для знатных особ появились частные вагоны, напоминавшие салон на колесах. Сами паровозы отличались разнообразием и выдумкой. Помимо паровоза с зубчатыми колесами история знает паровозы с бегущими ногами, роль которых выполняли специальные штанги, паровозы с тремя колесами и иные модификации.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

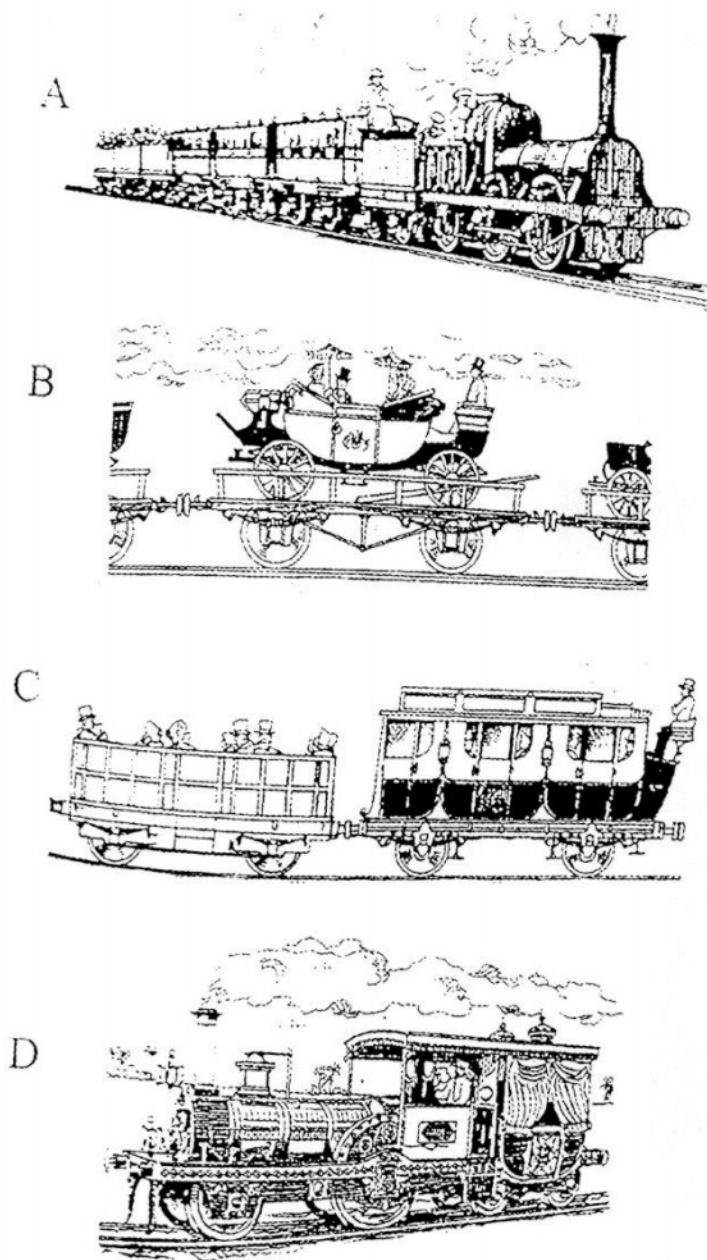


Рис.8. Пассажиры 50-х годов XIX века

А - экспресс Манчестер-Ливерпуль (кондуктор занимает место кучера); В – открытый вагон 1-го класса; С – вагон 3-го (слева) и 1-го класса (справа); D – паровоз с салоном

Наиболее заметно античное, и прежде всего римское, влияние проявилось в элементах инфраструктуры, куда вошли дорожные мосты, туннели, постоянные дворы, мильные столбы, станции и другие сооружения.

Считается, что первый каменный мост был построен в 127 г. до н.э. и располагался в центре Рима. Римская архитектура подчеркивала в мостах простоту, крепость и одновременно величие, изящество и богатство. В период позднего Рима появляются резкие вертикальные членения опор, которые зрительно увеличивали длину моста. Для римских мостов характерно симметричное построение фасада с нечетным числом пролетов. Конструктивно римские мосты напоминали акведуки, но были шире последних. Кроме того, центральная часть проезжего полотна мостов делалась горизонтальной. На одном из съездов могла располагаться триумфальная арка. Ось симметрии мостов нередко отмечалась аттиком (невысокой декоративной стенкой). Отверстия для пропуска воды имели сводчатый вид и являлись частью декора. Ширина мостов составляла 8-11 метров.

В первую половину средневековья на некоторых древнеримских мостах стали появляться надстройки в виде крепостных башен. В качестве дорожных мостов в средние века иногда использовались акведуки.

Римские мосты неоднократно служили образцами для строительства современных железнодорожных мостов. Современные мосты строили не только с целью преодоления водных преград, но также при пересечении железной дорогой V-образных долин и иных преград. Форма римских мостовых построек использовалась также при строительстве пандусов и эстакад.

Пример заимствования римского стиля при современном строительстве железнодорожного моста поясняется рисунками 9 и 10. На рис.9 показан римский «Орлиный мост» в Испании, на рис.10 приводится современный железнодорожный мост во Франции. Идентичность конструктивного решения не требует пояснений. Подобных примеров множество.



Рис.9. Римский акведук в Сеговии (Испания) 1 век до н.э.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

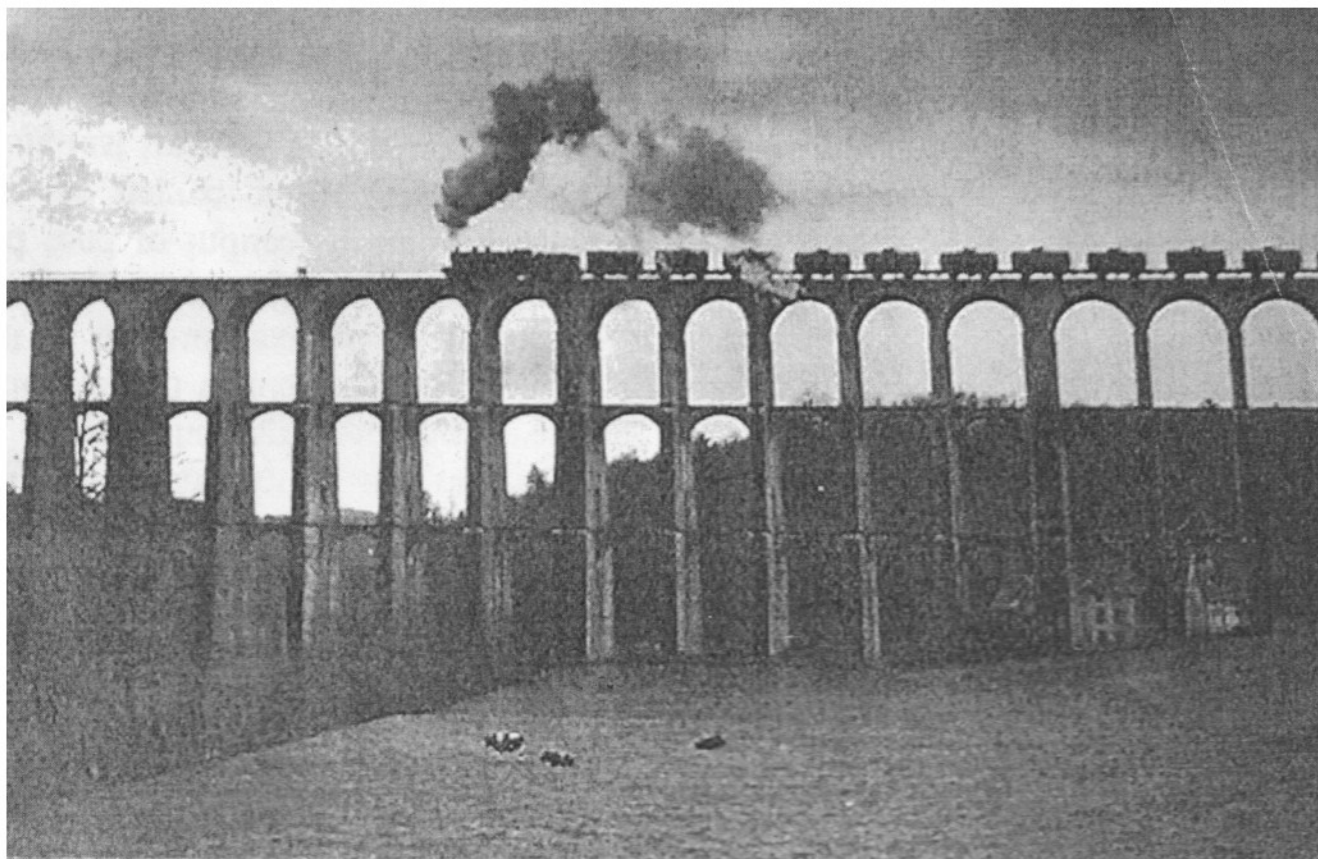


Рис.10. Железнодорожный мост между Парижем и Белфортом (Франция)

Прототипом современных километровых столбов были придорожные мильные столбы римлян, которые устанавливали на главных дорогах через каждую милю, равную 1,620 ярдов (1,48 км). Такие столбы выполняли также функцию геодезических реперов. Мильный столб состоял из каменной подушки и каменного пилона около двух тонн весом, имевшего 8 футов в высоту и 20 дюймов в диаметре. На пилоне гравировали имя владельца (или благотворителя) и расстояние до ближайшего населенного пункта. Иногда вставляли дополнительные сведения о перевалах, опасностях или особенностях дороги. В некоторых случаях форму мильных знаков видоизменяли. Известны мильные столбы с двумя поставленными друг на друга пилонами, а также мильные каменные знаки, напоминающие миниатюрные египетские пирамиды. Само место установки мильного столба (знака) ритуально освещалось. В качестве жертв могли быть люди (на ранней стадии), животные, фрукты. Устраивали также возложение венков, омовение камня или поливание его вином.

Отсчет расстояний вначале вели от римских ворот, установленных на месте выхода из города той или иной дороги. В 20-х годах при императоре Августе на форуме, рядом с храмом Сатурна, был установлен позолоченный столб (он же репер), который был принят за нулевой пункт для всех дорог. Впоследствии, с расширением границ империи, пользоваться единым нулевым пунктом стало неудобно и отсчет расстояний стали вести от больших городов, где устанавливали свои нулевые метки.

Железнодорожные станции имели древним прототипом оборудованные на дорогах почтовые станции, организованные в римской курьерской службе. Римская почта существовала еще в третьем веке до

н.э., но наивысшего расцвета достигла при Августе, Траяне и Адриане, когда отдельные маршруты с общей протяженностью около 100 тысяч километров были объединены в единую систему. Поначалу почта не была всеобщей: ею могли пользоваться лишь члены императорской семьи, патриции, чиновники и легионеры. Со временем за определенную плату почта стала доступной и для свободных граждан. На расстоянии одного дня пути располагались главные почтовые станции (*statio*), где можно было сменить повозку, поесть и переночевать. Между двумя основными могло находиться несколько промежуточных станций (*mutation*), где по необходимости меняли лошадей. Кроме писем перевозились пассажиры и грузы. Сами повозки различались от легких двухколесных, запряженных лошадьми, до тяжелых четырехколесных, в которые запрягали до 8-10 животных.

Туннели – еще одна принадлежность как римских, так и железных дорог. При строительстве железнодорожных туннелей многое заимствовалось от римской технологии проходки, складирования отходов, устройства вентиляции и дренажной системы. Число туннелей при строительстве римских дорог исчислялось многими десятками. Это были небольшие по протяженности инженерные сооружения. Наиболее длинным был туннель в один километр под названием «грот Коккеуса». Он был строго прямолинейным, имел две полосы движения, продуманную дренажную систему и шесть вентиляционных шахт, которые использовались для подачи свежего воздуха и одновременно для освещения.

Одним из важных вкладов античности в историю инженерной геодезии стало создание основ методики линейных изысканий. Строительство дорог в Римской империи было строго регламентировано прави-

лами так называемых «Двенадцати таблиц», выполнявших роль руководства или инструкции. Указанный документ не сохранился, поэтому полного представления о методике работ у нас нет. Однако сведения, которыми мы располагаем, дают возможность определить основные вехи проводимых геодезических работ, так как известны цели и задачи строительства, приборы и методы измерения, особенности, последовательность и точности работ.

Цикл античных геодезических работ можно свести к трем пунктам: проведение предварительных изысканий, проложение полигонометрического хода, геодезическое обеспечение строительства. Методика изысканий во многом определялась двумя первичными условиями: отсутствием исходных карт для проектирования и условием прямолинейности дорог. Главные римские дороги прокладывались в виде прямых линий, сопряженных под малыми углами. Некоторые прямолинейные участки достигали 50, 100, 200 и даже более километров. Указанные условия вызывали необходимость предварительного трассирования. Инструменты ближнего действия типа громы для этих целей не годились. Греки и римляне применяли способ трассирования, основанный на дымах костров и световых сигналах, что позволило выдерживать створ огромных по длине линий со средней квадратической ошибкой порядка 0,2-0,3°.

Спустя почти два тысячелетия метод световых сигналов с успехом использовался русским геодезистом К.И.Теннером для определения долгот контрольных пунктов в высокоточных работах по триангуляции. В качестве источника света применялись пороховые вспышки и пущенные вверх ракеты. Момент появления вспышки (ракеты) тщательно фиксировался наблюдателями, расположенными в разных точках. Наблюдения многократно повторялись. Так, при определении разности долгот на базисе Вильно-Мешканцы у Теннера делалось 86 определений. При чистом воздухе вспышка от порохового заряда была видна за 100 верст. Вспышка от пущенной ракеты позволяла увеличить расстояние для одного наблюдателя до 150 верст.

При проложении полигонометрического хода углы у греков и римлян измерялись с помощью положенных на землю больших деревянных проградуированных кругов диаметром ~1,5-2,0 метра. Наведение на цель осуществлялось с помощью укрепленного в центре шпилья и отвеса, который перемещали по краю круга. Для измерения дальности помимо традиционной веревки применяли целую систему дальномеров, описанных в трудах Альберта Леона Батисты. При нивелировании использовали гидронивелиры, описанные еще Героном, а также маятниковые нивелиры типа подвешенной стрелы. В последнем случае нивелирование проводили не «из середины», как у нас, а каждое плечо нивелировали отдельно в прямом и обратном направлении, т.е. способом, который применяют сейчас для выполнения основной поверки нивелира.

Проведенные исследования показывают, что геодезическое обеспечение при строительстве пер-

вых железных дорог (примерно до 1830-х годов) и геодезическое обеспечение античных дорог, несмотря на огромную разницу во времени, имеет много общего. Дело в том, что средние века сильно отбросили практическую геодезию назад, ничего не дав ей взамен. В последующую эпоху первыми возрождались и укреплялись наиболее простые методы, требующие минимальных знаний математики. Это обстоятельство и царивший в геодезии консерватизм привели к тому, что весь период с XVI - конец XVIII века продолжалось ожесточенное противостояние между методами подобия, пропорций и графики, - с одной стороны, и пробивавшими себе дорогу угломерными способами, требующими внедрения оптики, тригонометрии и более широкого применения математики, - с другой. Особенно долго – около 300 лет – продолжалось противостояние теодолита и мензулы.

Главным предметом спора была точность и оперативность работ. Некто Генри Вилстон (XVIII в.) в работе «Искусство измерения» (H.Wilston «Art of Land Measuring») доказывал, что при измерении сторон цепью ошибка угла в треугольнике почти вдвое меньше, чем давал теодолит. Артурн Берн (XVIII век) в книге «Новый доступный метод съемки» (Arthur Burns «New and correct method of exceedingly easy») писал буквально следующее: «Цепь – вот единственный инструмент для точных значений углов. Больше того, этот метод самый дешевый и простой для освоения». Роберт Гибсон (Robert Gibson) – автор первых публикаций о геодезических съемках в Америке – был еще более категоричен, предлагая полностью отказаться от углов в геодезической практике. Выдвинутый им лозунг «цепь без углов» нашел много сторонников. Бенджамин Талбот в «Руководстве по практической съемке» (B.Talbot. The compleat Art of land – measuring or a practical surveying. London, 1780) пошел еще дальше, предлагая отказаться не только от теодолита, но оптом заодно и от мензулы, ограничившись исключительно цепью и секстаном.

Вызванная противостоянием задержка с внедрением нового приводила к тому, что в годы строительства первых железных дорог передовые технологии оказывались вне должного спроса (рис.11). Прежде всего, крайне медленно в практику геодезических работ входили оптические приборы. В конце XVIII и начале XIX века в основном применяли инструменты с визуальным наведением, точность которых была близка античной: астролябия, водяной нивелир, ртутный нивелир, круглая буссоль, мензула с визирной линейкой. Только к середине XIX века, т.е. с большой потерей времени, в практику инженерной геодезии стали входить спиртовой уровень, сетка нитей, микрометр, зрительная труба. Вершиной достижений были оптические теодолиты, но их выпускали поштучно и использовали главным образом в триангуляции. В инженерных и топографических работах в середине XIX века на один простенький теодолит приходилось примерно десять мензул. Не находили всеобщего применения даже штативы – эти неизменные атрибуты геодезической практики.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

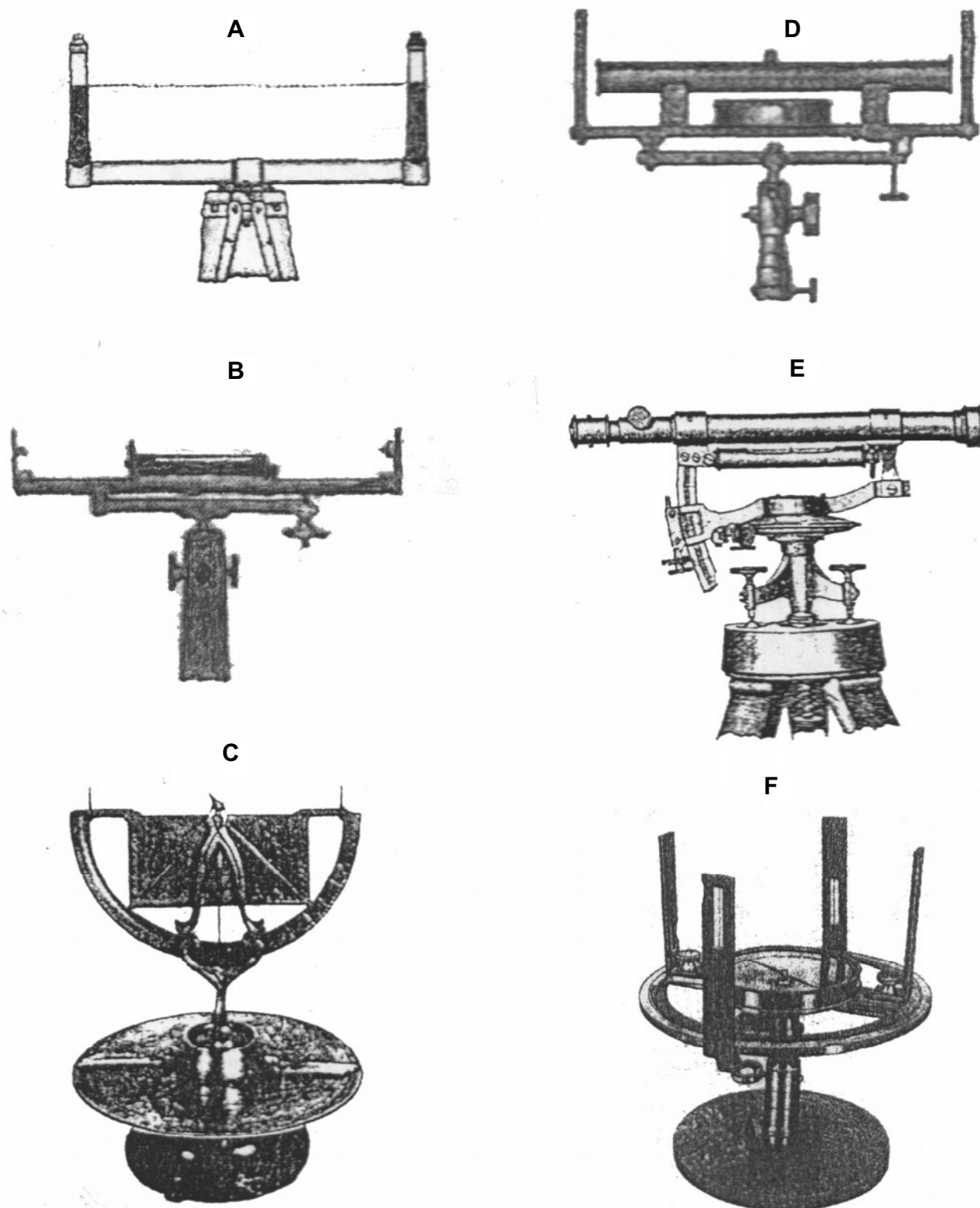


Рис.11. Некоторые инструменты конца XVIII начала XIX века

А – водяной нивелир; В – нивелир с элевационным винтом и спиртовым уровнем; С - нивелир с круглой буссолью; D – оптический нивелир середины XIX; E – теодолит с визирами и квадрантом; F – астролябия с компасом

Штатив типа треноги появился в 1579 г. Он описан в работе французского мастера Филиппа Данфри. Первоначально штатив применялся исключительно для мензулы. Столик мензулы выравнивался тогда с помощью поставленной на него емкости с водой. Подставкой для многих инструментов (квадранта, треугольника, мерного полукруга, астролябии и др.) долгое время продолжал оставаться вбитый в землю кол, бревно или шест. Интересную подробность мы встречаем у А.И.Герцена: «Если землемер едет через вятскую деревню,- пишет Герцен, - он непременно в ней останавливается, берет с телеги астролябию, вбивает шест... Через час вся деревня в смятении.

–Межемерия, межемерия!-говорят мужики с тем видом, с которым в 1812 году говорили: «Француз, француз!». Является староста... и просит не обметить их и не обидеть» (Герцен А.И., с. 264).

Исследования подтверждают, что в начале XIX века точности геодезических измерений в инженерных работах лишь незначительно отличались от точностей в античной геодезии. Это подтверждается и в геодезической литературе. Например, применение популярной мензулы, в которой использовалась алидада с диоптрами, позволяло получить ошибку направления, равную 5-6'. Однако, если ориентирование планшета проводилось по ориентир-буссоли, то,

по исследованию В.В.Витковского, ошибки направления вследствие суточных перемен склонения могли достигать $0,25^\circ$ (Витковский В.В., с.319-322), что полностью соответствовало точности античных угловых измерений. Близость точностей и методов измерения к античным позволяет сделать вывод о том, что к началу 19 века точные античные карты потенциально были бы вполне пригодны для предварительного проектирования строительства железных дорог. В дошедшей до нас форме геодезическое мастерство античности представлено главным образом через средневековые портуланы, которые были самыми востребованными картами с 13 по 17 столетие. Время от времени портуланы копировали, дополняли, корректировали, иногда по неведению ухудшали, но создать что-либо подобное по охвату и точности не могли. Портуланы были и оставались надежным фундаментом любых карт той эпохи. Их важнейшим достоинством была каркасность, которая обеспечивала жесткость и правильность контуров изображаемых земель. Эта была та цель, к которой путем ошибок и приближений еще только стремились страны, бывшие исторически вне римского влияния. В зоне средиземноморья такая цель была давно достигнута. Контурные и взаимное положение Италии, Франции, Испании, Греции и других стран бассейна на картах 13-17 века почти не менялись. Речь шла скорее о внутренней наполняемости, о своего рода дополнительных съемках в рамках уже известных контуров.

Не сумел серьезно изменить ситуацию и XVIII век. Новые съемки – военные, кадастровые, топографические и др. – проводились разобщенно, без какого-либо плана, без единых принципов, по инициативе отдельных лиц при отсутствии между ними связи и взаимоувязки. В качестве геодезической основы чаще всего принимались пункты с известными географическими координатами. Точность таких карт оценивалась по точности долгот, которая оставляла желать лучшего. По требованию английского парламента допустимая ошибка долгот в конце 18 века принималась равной 30 миль. Требования Парижской Академии Наук от 1769 г. допускали ошибку долготы около полуградуса, что также давало для средних широт 25-30 миль (или около 50 км). Однако такая точность оказывалась не лучше, но даже хуже античной. Она годилась для новых географических открытий, но не отвечала запросам старой Европы, стоявшей на пороге технической революции.

Более достоверные по сравнению с портуланами карты можно было получить только через проведение обширных съемок более крупного чем портуланы масштаба, но к этому рубежу Европа подошла только в тридцатых-сороковых годах XIX века, когда для целей съемочных работ стали использовать триангуляцию. В ряде передовых стран Европы основные работы по топографической съемке на основе триангуляции были закончены примерно к 1880 г.

Исторически сложилось так, что железные дороги Европы во многих случаях расположены не только

параллельно, но и в непосредственной близости к сохранившимся римским дорогам. Это обстоятельство значительно упрощало инженерные изыскания и делало их более надежными. Римские мильные столбы, мосты, туннели, станции и иные сохранившиеся капитальные сооружения, ровно как и сама дорога, могли с успехом использоваться для ориентирования, привязки и выноса проекта в натуру.

Римские дороги связывали по прямой крупные населенные пункты либо «оконтуривали» побережье. Железные создавались практически по той же схеме, но даже в случае параллельности не могли повторять полностью античные дороги. Ограничение уклона, наличие кривых поворота и другие особенности делали железные дороги более длинными. Удлинение пути против прямого приводило к увеличению времени движения, что отрицательно сказывалось на объеме грузоперевозок. В настоящее время в связи с ростом населения и увеличением объема грузооборота указанное противоречие стало критическим и потребовало оперативного вмешательства государства. Выход был найден путем возврата к чисто римскому варианту, то есть к максимальному спрямлению железнодорожного пути. Практическое решение заключалось в увеличении числа и длины подземных туннелей. Характерным примером модернизации служит новая железнодорожная линия в Италии между Флоренцией и Болоньей. Полное расстояние между конечными пунктами составляет 87,5 км. На линии построено девять туннелей общей протяженностью 78,5 км. Максимальная эксплуатационная скорость поездов на дороге принята равной 250 км/час. Высокоскоростные линии спрямленного типа построены сейчас между Парижем и Брюсселем, Брюсселем и Льежем, Болоньей и Миланом, Римом и Неаполем, Мадридом и Севильей и рядом других городов. Отвечая потребностям сегодняшнего дня, иногда на отдельных объектах происходит объединение в один комплекс железных и шоссейных дорог с соответствующим объединением и их геодезического обеспечения. Подобный случай встречается, например, при строительстве моста через Мессинский пролив в Италии. Длина моста по проекту 3,7 км, ширина 60 м. По мосту смогут двигаться в обе стороны как автомашины, так и железнодорожные составы. Строительство намечено завершить в 2012 г.

Литература

1. Аггеев Ф.М. *Рефераты по геодезии*. М., 2006.
2. Альберти Леон Батиста. *Десять книг о зодчестве*. М., 1937.
3. Витковский В.В. *Топография*. М., 1940.
4. Герцен А.И. *Сочинения, т.4*. М., 1956.
5. Гюнтер Г. *Железная дорога, ее возникновение и жизнь*. М., 1930.
6. Коковцев К. *Горные дороги Швейцарии*. Спб. 1898.
7. *Развитие высокоскоростных сообщений на железных дорогах Западной Европы. Железные дороги мира*. №3, 2000.
8. Paul Elok. *Railways then and now*. London, 1975.

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

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПЛОЩАДИ УЧАСТКА НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Выполнены исследования по оценке точности площади, измеренной разными методами на топографических картах разных масштабов. При исследованиях применены авторские формулы для вычисления абсолютной и относительной ошибки площади, в которых аргументом является периметр участка. Показано, что относительная ошибка площади на топографической карте зависит только от длины периметра участка на карте. При этом для достижения необходимой точности измерения площади рекомендуются те или иные методы определения площади.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: топографическая карта; масштаб карты; площадь участка; периметр участка; относительная средняя квадратическая ошибка.



За последние 10-15 лет опубликовано достаточно много работ, посвящённых определению и оценке точности площади участков местности, и тем не менее в геодезической практике иногда возникают вопросы по оценке точности площади в той или иной конкретной ситуации. Цель нашей статьи – оценить точность площади участка при её измерении на топографической карте.

Прежде всего, приведём краткие сведения об оценке точности площади. Как известно, в геодезии применяют три способа определения площади: аналитический, механический и геометрический.

Аналитический способ применяют и на местности, и на топографических картах и планах для участков с прямолинейными границами, а геометрический (с помощью палеток) и механический (с помощью полярного планиметра) – на картах и планах для участков произвольной формы. В аналитическом способе оценку точности площади можно выполнить по формуле Маслова А.С. [1] или по формулам Дьякова Б.Н. [2], [3].

Формула Маслова имеет вид:

$$m^2_P = \frac{1}{8} \cdot \sum_{i=1}^n m_{t_i}^2 \cdot D_i^2, \quad (1)$$

в которой приняты следующие обозначения: n – количество вершин участка; m_P – средняя квадратическая ошибка площади n -угольника; m_{t_i} – ошибка положения i -той вершины многоугольника; D_i – диагональ i -той вершины (то есть линия, соединяющая $(i-1)$ -ю и $(i+1)$ -ю вершины); суммирование выполняется по всем i от 1 до n .

В формуле Дьякова аргументом является длина L периметра участка:

$$m_P = a_n \cdot m_t \cdot L; \quad (2)$$

остальные обозначения суть: m_t – средняя ошибка положения вершины многоугольника, a_n – коэффициент, зависящий от n :

$$a_n = \frac{\cos(\pi/n)}{\sqrt{2 \cdot n}};$$

его значения:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	60
a_n	0,204	0,250	0,256	0,250	0,243	0,231	0,222	0,212	0,156	0,128	0,091

При увеличении количества координируемых точек на контуре участка с длиной периметра L средняя квадратическая ошибка площади уменьшается; при $n=10$ уменьшение ошибки составляет около 15%

по сравнению с вариантом $n=4$.

Из формулы (2) можно получить формулу относительной ошибки площади:

$$\frac{m_P}{P} = k_n \cdot \frac{m_t}{L}, \quad (3)$$

где

$$k_n = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot n} \cdot \sin(180^\circ/n).$$

Значения k_n приведены ниже:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	60
k_n	4,24	4,00	3,72	3,46	3,25	3,06	2,90	2,76	1,97	1,62	1,15

Уменьшение относительной ошибки площади при увеличении количества координированных точек на его периметре от $n=4$ до $n=10$ составляет около 30%.

Для выпуклых многоугольников результаты вычислений по формулам (1) и (2) практически совпадают; при вытянутой форме многоугольника ошибка площади по формуле (2) получается несколько меньше, чем по формуле (1).

В Инструкции по межеванию земель ошибку площади участка в форме прямоугольного четырёхугольника рекомендуется вычислять по формуле:

$$m_P = m_t \cdot \sqrt{P} \cdot \sqrt{\frac{1+K^2}{2K}}, \quad (4)$$

где P – площадь участка; m_t – средняя ошибка положения вершин четырёхугольника; K – коэффициент вытянутости участка (отношение длины участка к его ширине).

В наших исследованиях используется формула (3), как более простая и наглядная. Если относительную ошибку площади n -угольника считать заданной, то, используя формулу (3), можно вычислить проектную ошибку положения его вершин и затем – ошибки измерения углов и расстояний для конкретного способа определения их координат. Например, пусть требуется определить площадь участка квадратной формы (сторона квадрата равна 1000 м) с относительной ошибкой 1:5000. Используя формулу (3), при соответствующих значениях относительной ошибки и периметра получим $m_t=0,02$ м. При определении координат вершин квадрата полярной засечкой с расстояния около 1000 м средняя квадратическая ошибка измерения угла не должна превышать 2,8", а ошибка расстояния – 0,014 м. Измерения с такой точностью может обеспечить только электронный тахеометр.

Если относительную ошибку площади задать равной 1:1000, то значения ошибок измерения угла и расстояния получаются равными 15" и 0,07 м соот-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

ветственно; такую точность измерений могут обеспечить технический теодолит и топографический светодальномер.

На местности определение площади участка сводится к непосредственным измерениям характеристик участка, а на топографической карте измеряется площадь не самого участка, а его графического изображения, полученного с некоторой ошибкой. Поэтому общая ошибка измеренной по карте площади будет складываться из ошибки изображения участка на карте и ошибки собственно измерения площади по карте.

Относительную ошибку площади изображения участка на карте можно подсчитать по формуле (3), приняв ошибку положения вершин контура участка $m_l=0,5$ мм (согласно Инструкции по топографическим

съёмкам средняя ошибка положения чётких контуров и точечных объектов оценивается величиной 0,5 мм); для квадратного участка получим

$$\frac{m_p}{P} = \frac{2,0 \text{ мм}}{l \text{ мм}}, \quad (5)$$

где l – длина периметра участка на карте.

Из формулы (5) следует, что относительная ошибка площади изображения участка на карте зависит только от длины его периметра на карте, а зависимость этой ошибки от масштаба карты – косвенная, через длину периметра. В следующей таблице приведены результаты расчётов ошибки площади изображения квадратного участка для разной длины его периметра на карте и разных масштабов карт.

№	Длина периметра на карте l , мм	Масштаб 1:10 000			Масштаб 1:100 000			Масштаб 1:1 000 000			Отнош. площ. m_p/P , %
		На местн. L , м	Площадь P , га	СКО площ. m_p , га	На местн. L , м	Площадь P , га	СКО площ. m_p , га	На местн. L , м	Площадь P , га	СКО площ. m_p , га	
1	40	400	1,0	0,05	4000	100	5,0	40000	10000	500	5,0
2	80	800	4,0	0,10	8000	400	10,0	80000	40000	1000	2,5
3	200	2000	25,0	0,25	20000	2500	25,0	200000	250000	2500	1,0
4	400	4000	100	0,50	40000	10000	50,0	400000	1000000	5000	0,5

В общем случае определение координат вершин n – угольника по карте выполняется с ошибкой 0,5 мм, поэтому общая относительная ошибка площади будет в корень из двух раз больше, чем в последнем столбце таблицы, то есть, 7, 3,5, 1,4 и 0,7% соответственно.

Если граница участка является нечётким контуром (например, граница луга, болота, лесного массива), то определение его площади по топографической карте будет выполняться с ещё большей ошибкой: для варианта $l = 40$ мм – около 10%, для варианта $l = 80$ мм – около 5% и т.д.

Участок произвольной формы имеет криволинейную границу, которую можно заменить ломаной линией и дальнейшие операции по определению и оценке точности площади выполнять в пределах полученного многоугольника. В этом случае расчёты точности площади, приведённые в таблице, можно распространить и на участки произвольной формы; при $n > 4$ следует учесть уменьшение коэффициента k_n .

Чтобы общая ошибка определения площади участка произвольной формы по топографической карте получилась на уровне приведённой в таблице, само измерение площади участка на карте с помощью палетки или планиметра необходимо выполнять с точностью в три раза выше, чем в таблице. Тогда согласно общепринятому правилу “одной трети” ошибкой собственно измерения площади на карте можно будет пренебречь.

Таким образом:

- при длине контура участка на карте не более 40 мм измерение площади на карте выполняется с ошибкой 1,5 – 2,0%; для этого варианта подойдёт точечная палетка;

- при длине контура участка на карте от 40 мм

до 80 мм измерение площади на карте можно выполнять с ошибкой 0,8 – 1,0%; в этом случае нужно пользоваться планиметром или точечной палеткой;

- при длине контура участка на карте от 80 мм до 200 мм измерение площади на карте можно выполнять с ошибкой 0,3%; такую точность измерений могут обеспечить только планиметр и методика проф. Савича.

Поскольку измерять площадь на карте с ошибкой меньше 0,3% практически невозможно, то при длине периметра участка на карте 400 мм и более общая относительная ошибка площади будет около 1,0%.

Если площадь участка измеряется по цифровой карте в программном режиме, то ошибкой опознавания контура участка можно пренебречь и общую ошибку определения площади участка можно считать равной ошибке изображения участка на карте (см. таблицу).

Что касается определения площади по общегеографическим картам более мелкого масштаба, чем 1:1000000, или по тематическим картам, то результаты этих определений вряд ли будут заслуживать доверия, так как такие карты создаются без соблюдения допусков, существующих для топографических карт.

Литература

1. Маслов А.В., Юнусов А.Г., Горохов Г.И. *Геодезические работы при землеустройстве: Учебн. пособие для ВУЗов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1990. - 215 с.*
2. Дьяков Б.Н. *Оперативная оценка точности площади замкнутого контура с прямолинейными границами // Геодезия и картография. – 1996, № 8. 3 с.*
3. Дьяков Б.Н. *Об относительной ошибке площади участка с прямолинейными границами // Вестник СГГА, 1997, № 2. 2с.*

Борис Николаевич Дьяков, к.т.н., доцент кафедры инженерной геодезии СПбГУ(ТУ) г.Санкт-Петербург

МЕТОДИКА ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, ПОВАРИАНТНЫЙ ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ И СОВРЕМЕННАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЧАСТКОВ БОЛЬШОЙ ИХТЕГИПАХК, ПАХКВАРАКА И АЛЕНКА ФЕДОРОВОТУНДРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КОЛЬСКИЙ П-ОВ)

Приведена методика геологического оконтуривания, подсчета запасов и ориентировочная экономическая оценка участков Большой Ихтегипахк, Пахкварака и Аленка месторождения Федорова Тундра. По результатам проведенной переоценки установлено, что этот проект является очень перспективным для промышленного освоения с учетом сложившейся в настоящий момент благоприятной экономической ситуации на рынке благородных металлов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рудная залежь; геологическое моделирование; оконтуривание; подсчет запасов; вариограмма; кригинг; экономическая оценка.



Введение. В ранней авторской работе [4] приводилась методика геологического оконтуривания, подсчета запасов и ориентировочная экономическая оценка участков Большой Ихтегипахк и Пахкварака, в рамках которой они рассматривались сепаративно, и был сделан вывод о совместном вовлечении их

в отработку. Настоящая статья предлагает более углубленное описание применяемых в настоящее время методик геологического моделирования, подсчета запасов и экономической оценки на примере совместной отработки этих двух участков. Также в подсчет был включен еще один соседний участок Аленка, что было признано целесообразным с учетом сложившейся в настоящий момент благоприятной экономической ситуации на рынке благородных металлов.

Геологические, тектонические и минералогические особенности месторождения. Федоровотундровское месторождение относится к самой западной части мафит-ультрамафитового расслоенного интрузива, который также известен в литературе под на-

званием Федорово-Панского массива. С географической точки зрения последний расположен в центральной части Кольского полуострова и представляет собой вытянутый (более 80 км) и узкий (3-6 км) горный кряж, имеющий северо-западное простирание (рис.1). Интрузия залегает в зоне северного контакта вулканогенно-осадочных пород Имандра-Варзугской палеопротерозойской палеорифтогенной структуры, представленных зеленокаменными образованиями рижгубской и сейдоречевской свит и образований докембрийского фундамента, представленных более молодыми щелочными гранитами и древними (мезоархейскими) плагиогнейсо-гранитами [2].

Федоровотундровский расслоенный массив, к которому приурочено одноименное месторождение, являющееся предметом рассмотрения настоящей статьи, на 90% сложен основными породами – от норитов до габбро, ультраосновные породы встречаются достаточно редко. Вся промышленная Cu-Ni-PGE минерализация приурочена к согласно залегающей зоне такситовых габбро-норитов, получившей свое название из-за существенной неоднородности зерен минералов, которые ее слагают.

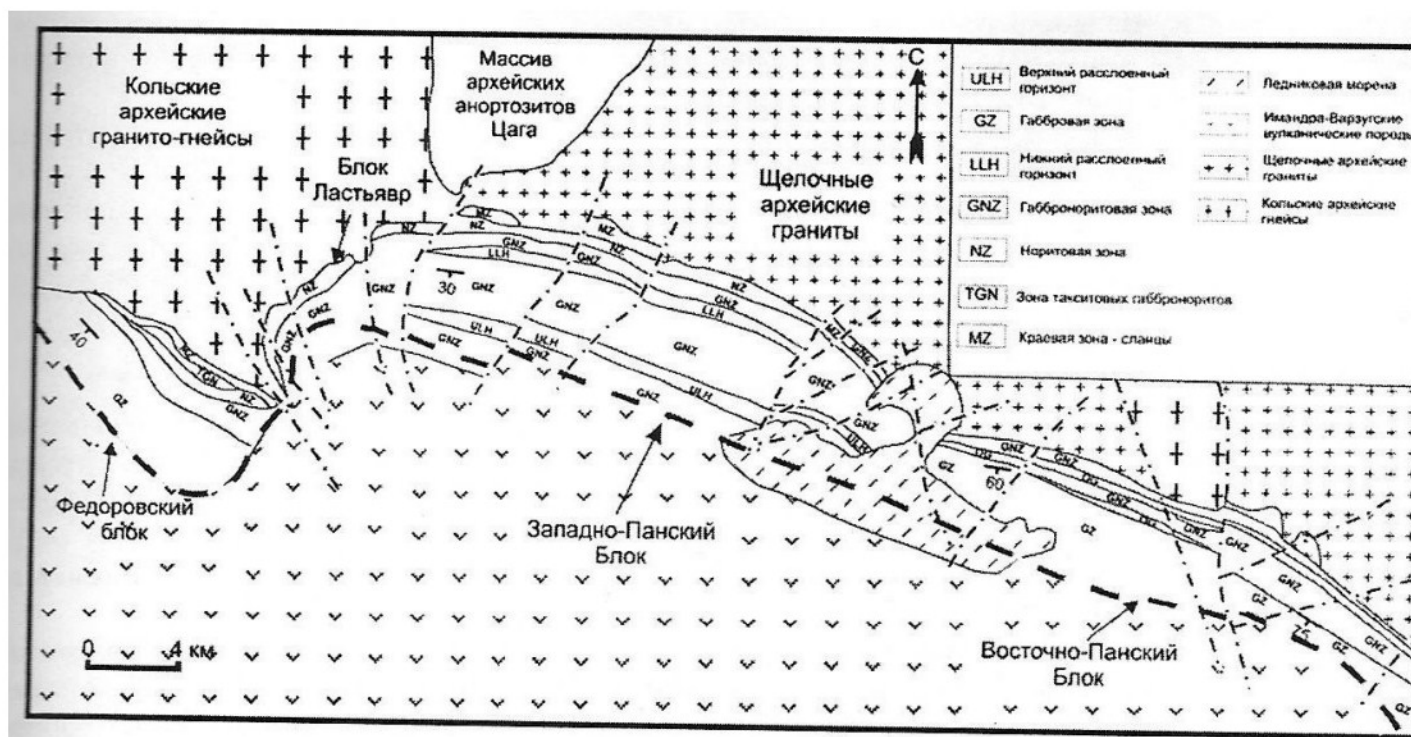


Рис.1. Обзорная геологическая карта Федорово-Панского массива (Schissel, 2002)

Сульфидная Cu-Ni минерализация является наиболее распространенной в пределах месторождения. Она тяготеет к породам зоны такситовых габбро-норитов и к прилегающим к ней участкам норитовой и эндоконтактной плагиоамфиболитовой зон; общая мощность минерализованных пород колеблется от 80 до 200 м. Сульфидная минерализация представлена тремя минеральными типами: пирротинным, пирротин-халькопиритовым и пентландит-халькопирит-пирротинным. Первый наиболее распространен в пределах участков Малый, Средний и Большой Ихтегипахк. Пирротин-халькопиритовый тип является вторым по распространенности после пирротинного и проявлен в основном в средней и верхней частях разреза минерализованной зоны участков Большой Ихтегипахк и Пахкварака, в нижней же ее части наи-

большим распространением пользуется пентландит-халькопирит-пирротинный тип. Комплексная минерализация тесно связана с сульфидной медно-никелевой, тяготея преимущественно к ее пентландит-халькопирит-пирротинному минеральному типу, хотя в единичных случаях повышенные содержания PGE отмечались в бессульфидных породах.

Главными рудными минералами месторождения являются халькопирит, пирротин и пентландит (рис.2). Их соотношение в среднем по руде в пересчете на 100-процентный сульфид – 41, 35 и 24 мас.% соответственно. В общей сульфидной массе доля этих минералов составит от 95 до 100 %. Вторичными и акцессорными минералами являются пирит, ильменит, магнетит, макинавит, марказит, кубанит, миллерит, борнит, сфалерит, виоларит.

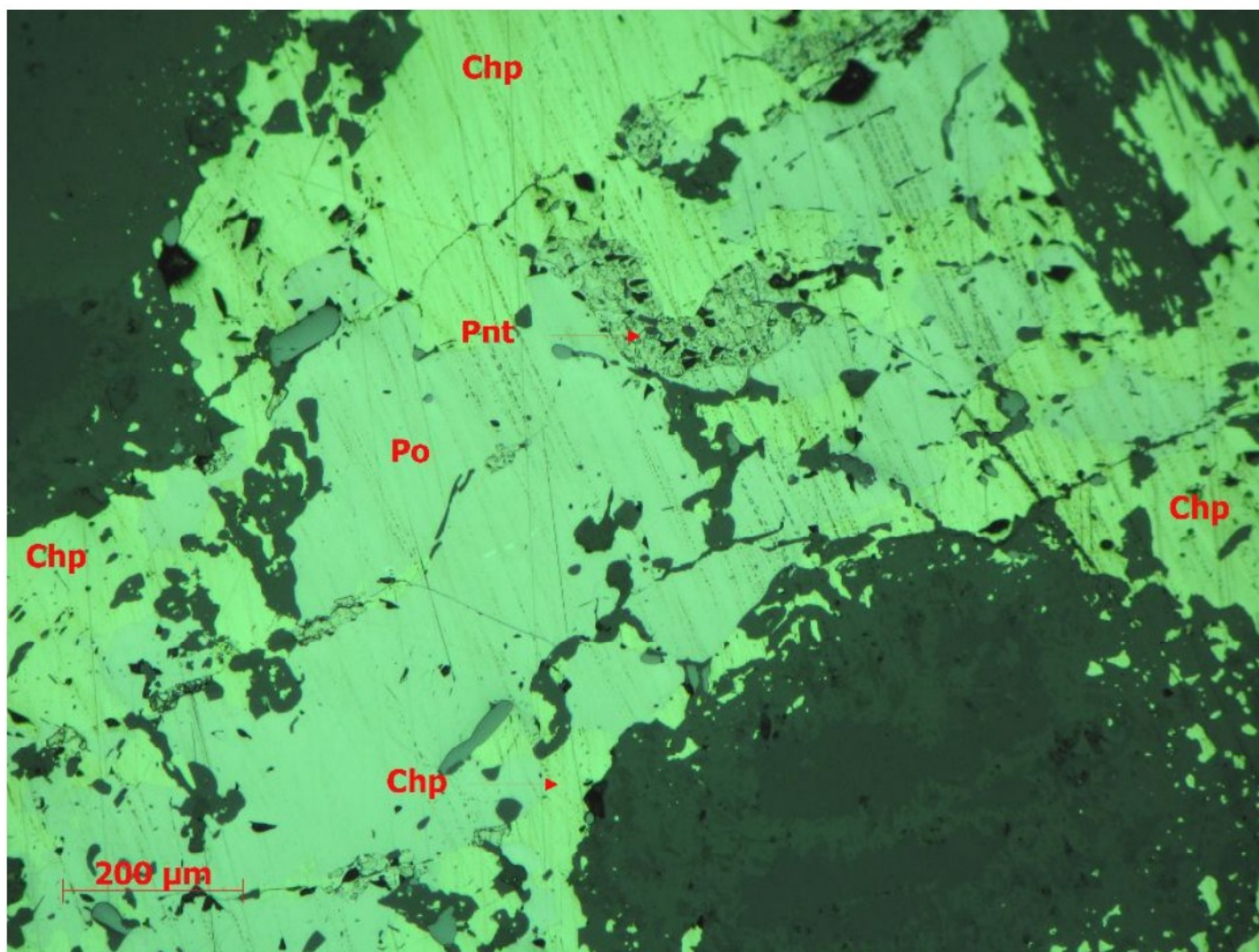


Рис.2. Фотография аншлифа BGF-237-104.8. Увеличение 2.5x

Методика оконтуривания и подсчета запасов.

К 2008 г. разведочные работы на месторождении были завершены, был произведен подсчет запасов меди, никеля, платины, палладия, золота и утверждение их в ГКЗ.

С целью обновления экономических данных на 2011 год в настоящей работе была произведена полная экономическая переоценка и подсчет запасов в пределах трех основных участков (Большой Ихтегипахк, Пахкварака и Аленка) с учетом новых данных, к

которым можно отнести цену на металлы, значения капитальных и операционных затрат.

С целью определения минимального бортового содержания, используемого для обозначения т.н. нулевого контура был использован метод минимального фонового содержания, для чего были построены кумулятивные гистограммы по данным опробования всех полезных компонентов и на основании точки максимального перегиба было выделено минимальное содержание (рис.3).

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

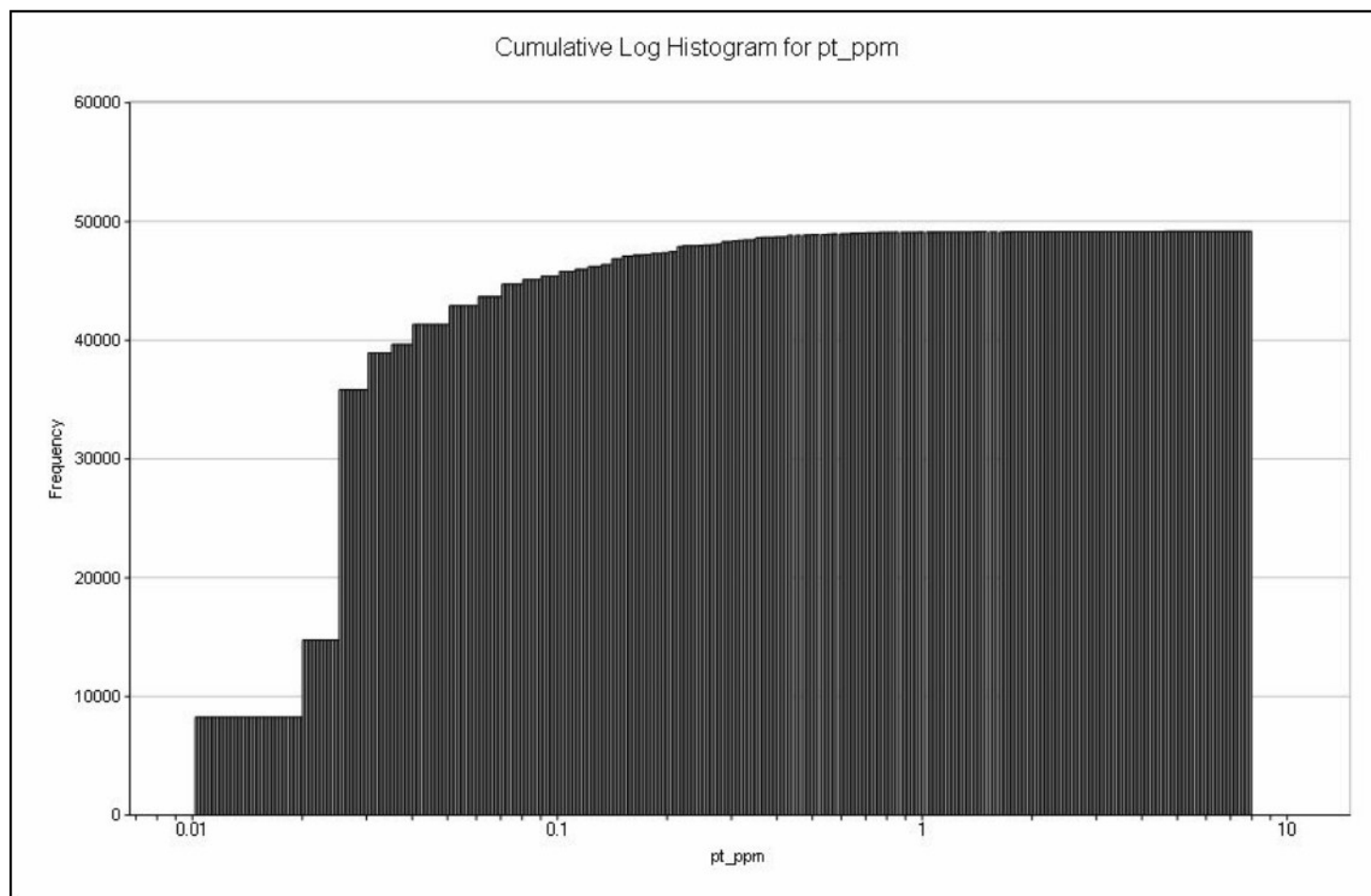


Рис.3. Кумулятивная гистограмма распределения платины в первичном опробовании, участок Большой Ихтегипахк

Как видно из представленной гистограммы (рис.3), фоновое содержание отсекается достаточно четко. Таким образом, были выбраны следующие основные параметры для оконтуривания (табл.1).

Для учета влияния всех полезных компонентов, а также для облегчения последующих расчетов содержания всех металлов были приведены к условному палладию, подробности расчетов указаны в таблице 2.

Следующим этапом являлось первичное оконтуривание рудной залежи нулевым контуром в пределах разведочных профилей и последующее их объединение в замкнутую пустотелую каркасную модель (рис. 4).

Таблица 1

Фоновые содержания полезных компонентов

	Большой Ихтегипахк	Пахкварака	Аленка
Pd, г/т	0.025	0.02	0.03
Pt, г/т	0.023	0.03	0.03
Ni, г/т	10	11	20
Cu, г/т	11	12	20
Au, г/т	0.025	0.03	0.03

Таблица 2

Расчет переводных коэффициентов для условного палладия

Металлы	Цена одного грамма металла в долларах США (9.08.11)	Металлургический передел, %	Стоимость металла с учетом металлургического передела, долл. США	Налог на добычу, %	Стоимость металла с учетом налога на добычу, долл. США	Роялти, %	Стоимость металла с учетом роялти, долл. США	Сквозное извлечение (доли ед.)	Переводной коэффициент	Минимальное учитываемое содержание
Pd	23.38	20	18.70	6.5	17.49	1.5	17.23	0.777	1	0.2
Pt	55.4	20	44.32	6.5	41.44	1.5	40.82	0.7246	2.21	0.075
Ni	0.0223	20	0.01784	6.5	0.02	1.5	0.016430	0.5452	0.000669	200
Cu	0.009039	20	0.0072312	6.5	0.01	1.5	0.006660	0.8075	0.000402	400
Au	56.38	20	45.104	6.5	42.17	1.5	41.54	0.666	2.07	0.03

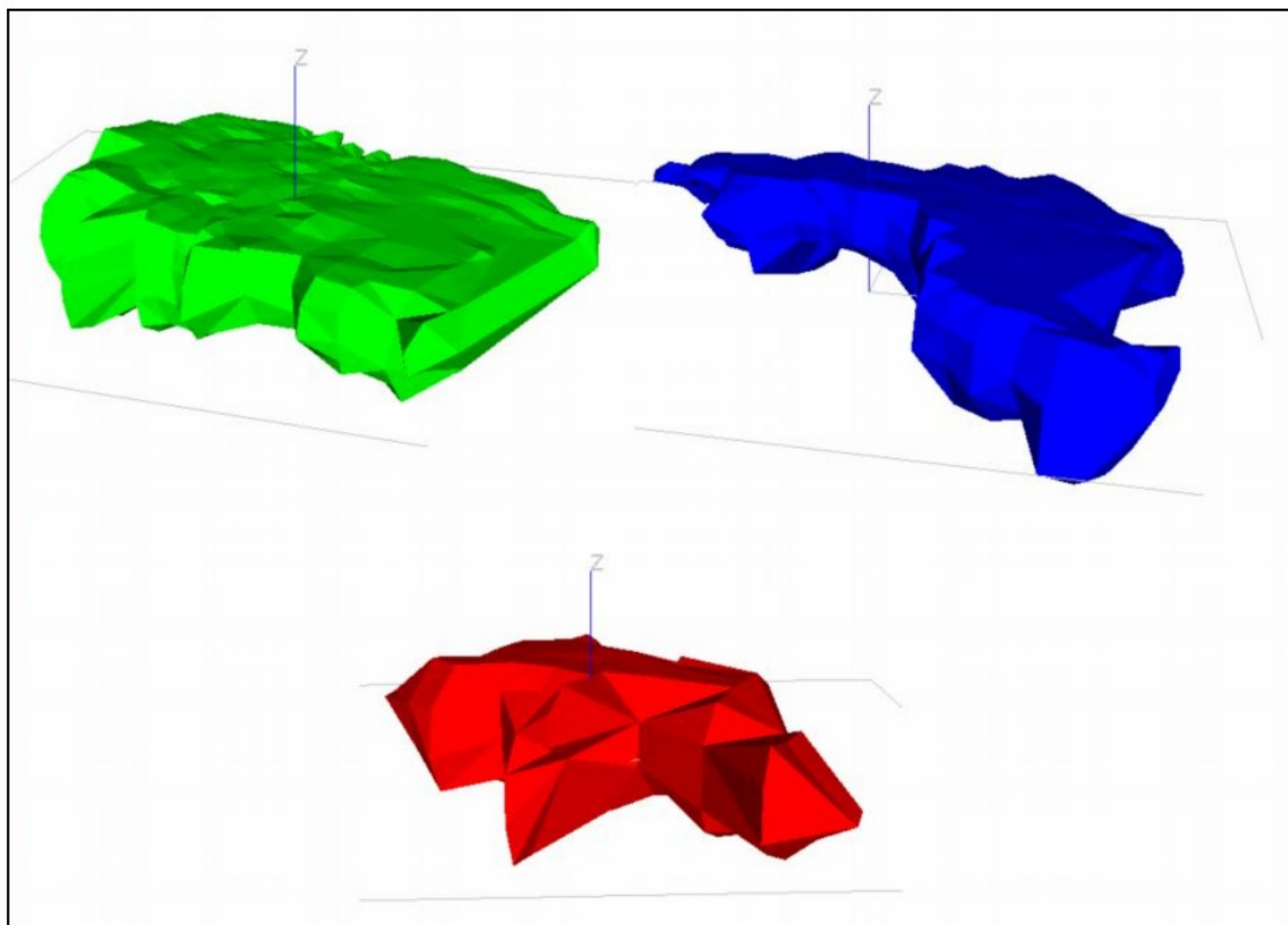


Рис.4. Каркасная модель участков Большой Ихтегипахк (зеленый), Пахваракка (синий) и Аленка (красный)

Затем эта модель была заполнена элементарными блоками, размер которых выбирался, исходя из параметров разведочной сети (15 метров по осям X и Y) и величины уступа предполагаемого карьера (5 метров по оси Z) [3].

Для интерполяции содержаний в элементарные блоки были построены несколько экспериментальных вариограмм, которые позволили подобрать вариограммные модели распределения основных полезных компонентов, необходимую для последующего кригинга (рис. 5, 6 и 7).

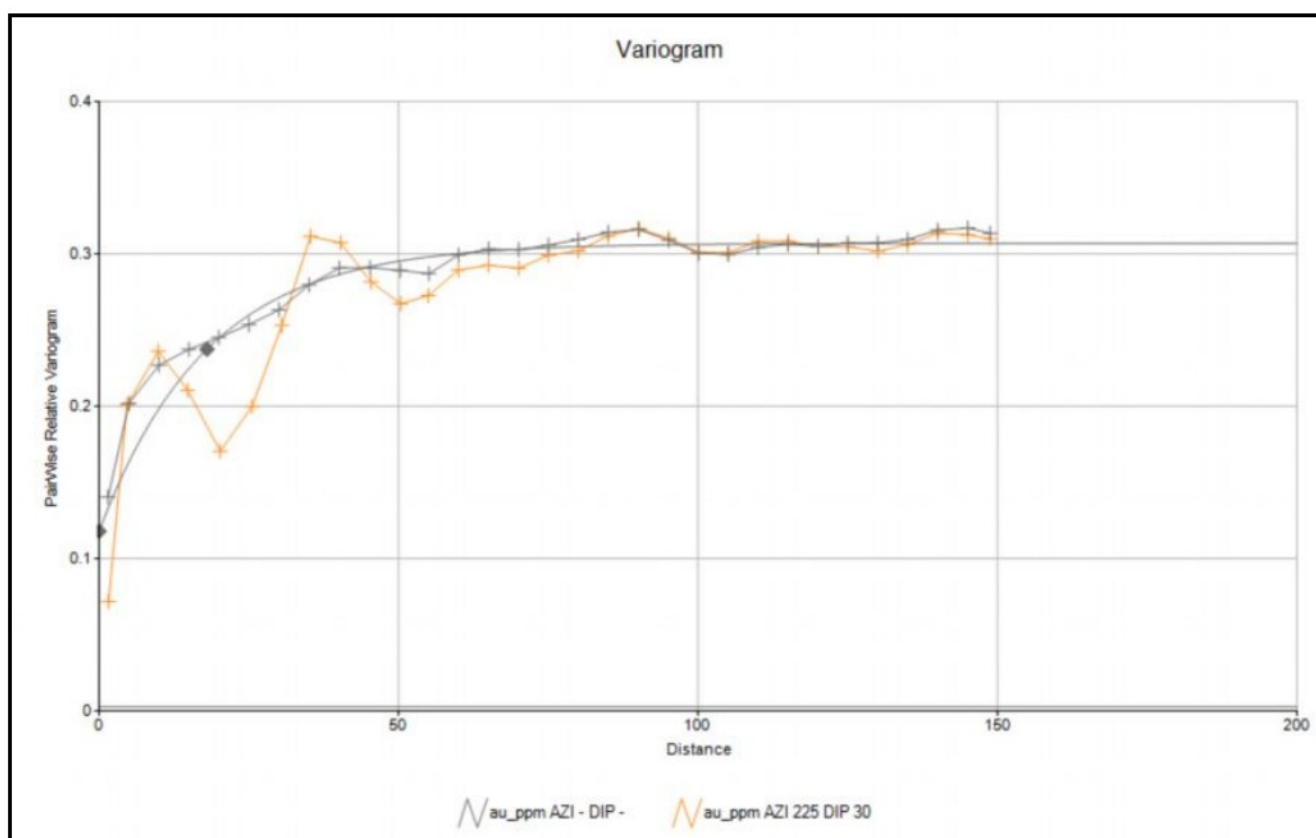


Рис. 5. Вариограммная модель для распределения золота в пределах участка Большой Ихтегипахк

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

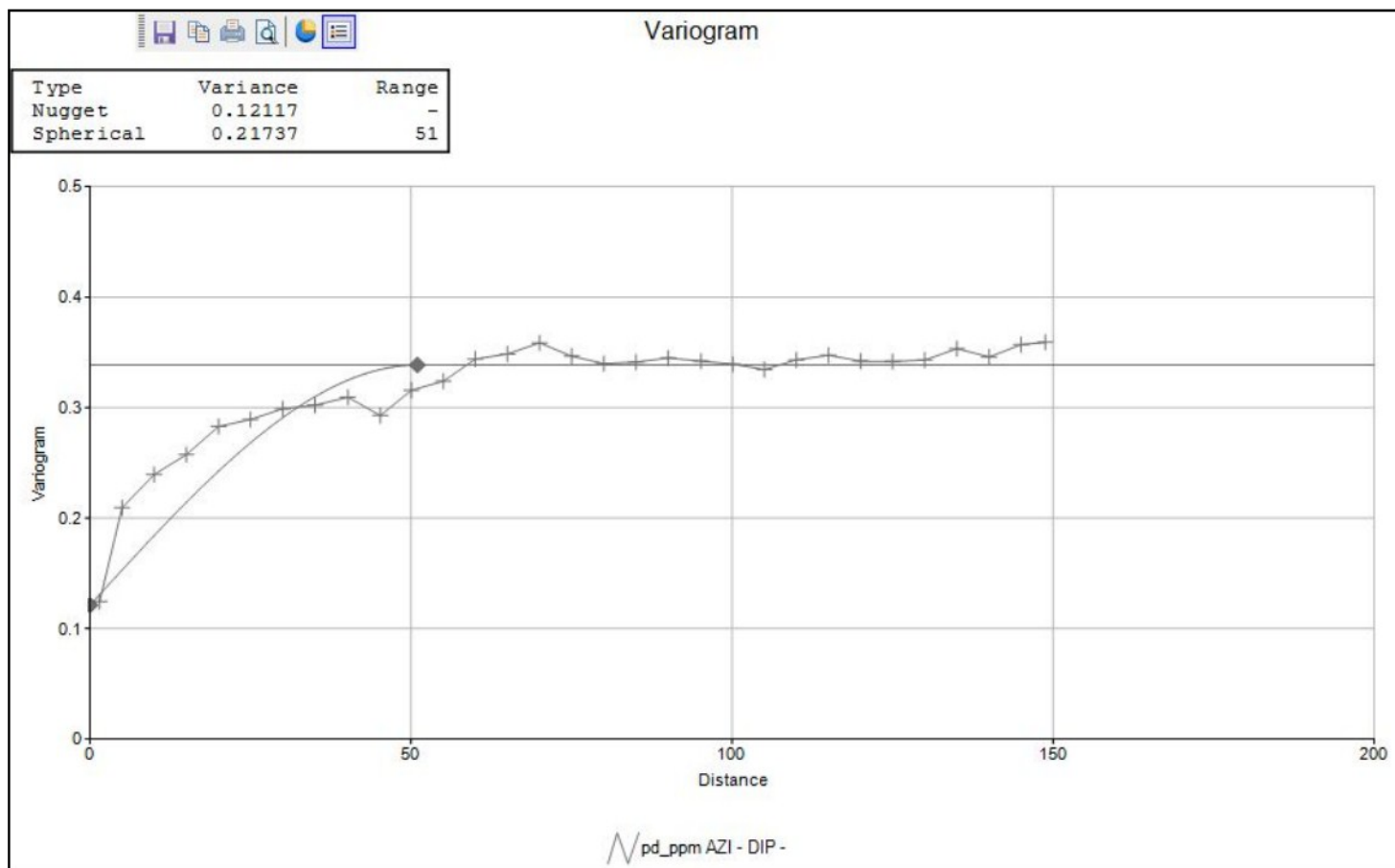


Рис. 6. Вариограммная модель для распределения палладия в пределах участка Пахварака

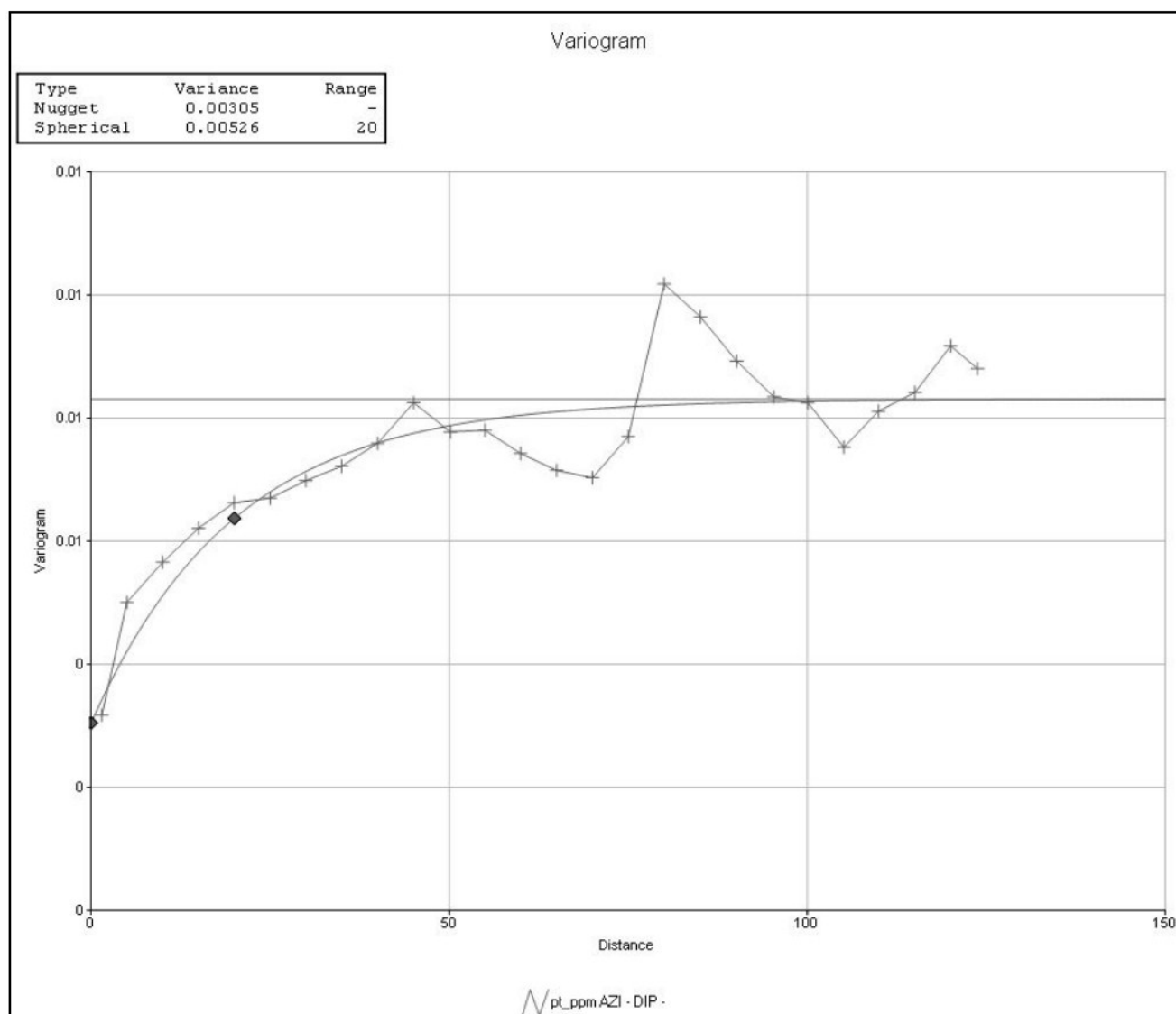


Рис. 7. Вариограммная модель для распределения платины в пределах участка Алёнка

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Как видно из представленных моделей, экспоненциальная аппроксимация дает достаточно хорошо приближенные к реальности результаты, позволяющие использовать кригинг для интерполяции содержаний в блочную модель.

Для выбора наиболее подходящего метода для интерполяции содержаний в элементарные блоки было произведено статистическое сравнение способом перекрестной проверки главных методов интерполяции на примере данного месторождения: метода обратных расстояний, обычного и логнормального кригинга. В результате этого была произведена оценка достоверности каждого метода. В результате было установлено, что применение стандартной изотропной экспоненциальной модели для обычного кригинга обеспечивает достаточно высокую степень достоверности данных (76%), усложнение модели ведет к снижению достоверности (61% - для логнормального кригинга), применение метода обратных расстояний характеризуется наименьшей достоверностью (59%).

После проведения необходимых расчетов и интерполяции производился повариантный подсчет ресурсов модели по зарубежной классификации с учетом принятых экономических параметров (табл.3), в результате чего было выбрано наиболее оптимальное значение бортового содержания: 1.5 г/т условного палладия (табл.4), максимизирующее NPV и оптимизирующее размер запасов и срок отработки месторождения.

Повариантный расчет контура предельного карьера осуществлялся с использованием алгоритма максимизации денежного потока (алгоритм Лерча-Гроссмана) программы NPV Scheduler. Полученный контур карьера (рис.8) обеспечил достаточно высокую степень отработки запасов месторождения (табл.5), что говорит о достаточно равномерно распределенных высоких содержаниях полезных компонентов.

Таблица 3

Принятые для расчетов экономические параметры

Параметры	Цены
Капитальные затраты	1 млрд. долл. США
Цена металла	13.38 долл.США за грамм
Стоимость добычи руды	1 долл. США за тонну
Стоимость добычи вскрыши	1 долл. США за тонну
Разубоживание	0 %
Потери	0 %
Затраты на обогащение	7.081 долл.США за тонну
Удорожание добычи с углублением карьера	С третьего уступа на 0.01 долл. США за тонну
Производительность фабрики	12 000 000 тонн в год
Ставка дисконтирования	10%
Количество рабочих дней в году	340
Уступ карьера	50°

Таблица 4

Повариантный подсчет запасов месторождения Федорова Тундра

Cut off grade	Запасы руды (тонны)	Запасы условного палладия (тонны)	NPV (млрд. долл. США)	Период разработки
0.55	756 608	1 275	-0.469	101
1	545 569	1 108	1.377	46
1.5	358 988	873	1.626	30
2	216 637	625	1.532	19
2.5	119 262	400	1.167	12

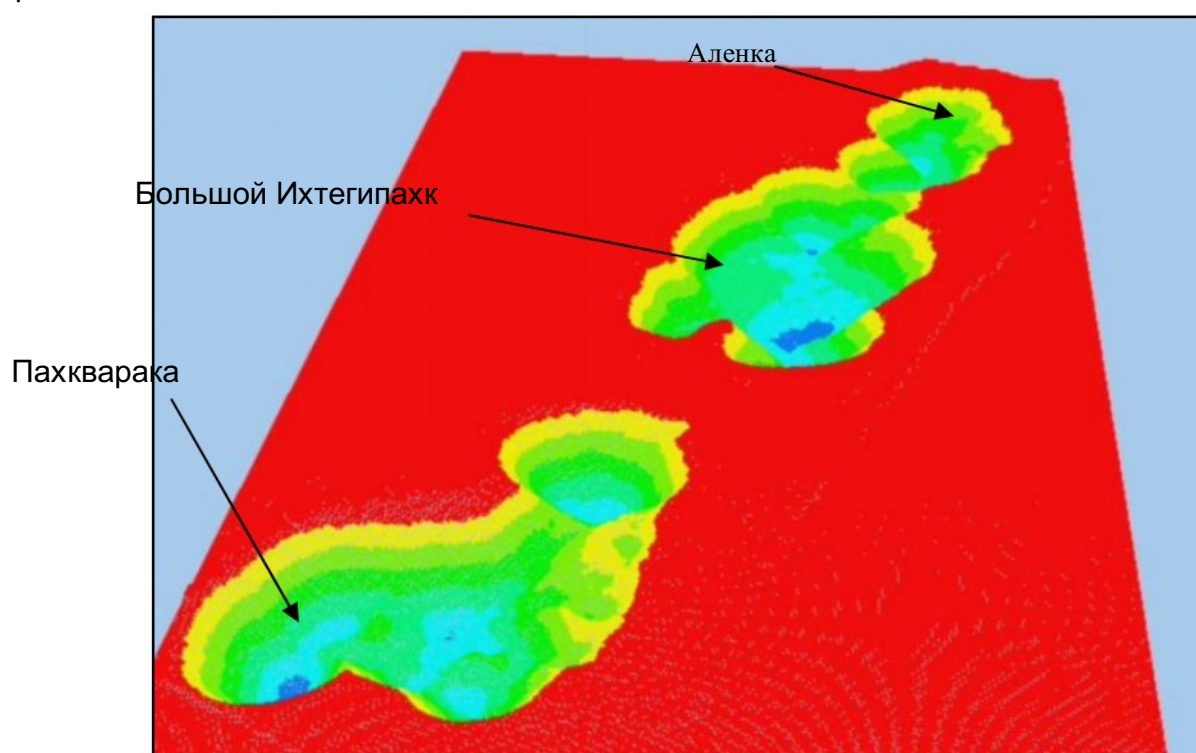


Рис. 8. Трехмерное изображение предельного контура рассчитанного карьера. Цветом показано увеличение глубины

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Таблица 5

Сопоставление геологических ресурсов и эксплуатационных запасов месторождения (бортное содержание условного палладия равно 1.5 г/т)

Категория	Запасы руды, тонн	Геологические ресурсы					
		Запасы металлов, тонн					
		Au	Pd	Pt	Cu	Ni	Pd _{eq}
Measured	181 315 125	12.5	189.3	45.6	185 848	121 530	467.8
Indicated	187 042 500	11.2	166.7	39.7	182 642	119 741	427.6
Inferred	2 349 000	0.1	1.5	0.4	2 001	1 309	4.3
Measured+Indicated	368 357 625	23.7	356.0	85.3	368 490	241 272	895.4
Эксплуатационные запасы							
Proved	180 083 250	12.4	188.2	45.3	184 742	120 860	465.0
Probable	178 905 375	10.7	158.8	37.8	175 046	114 759	408.3
Inferred	1 373 625	0.1	0.9	0.2	1 137	753	2.4
Proved+Probable	358 988 625	23.1	347.0	83.1	359 788	235 619	873.3
Степень отработки	97%	97%	97%	97%	98%	98%	98%

Завершающим этапом проведенной работы являлось проведение всех экономических расчетов, включавших в себя анализ экономической устойчивости проекта (рис.9), подтвердившим высокую рентабельность (значение внутрифирменной нормы прибыли равно 36.79%), быструю окупаемость вложенных в месторождение средств (первичные капитальные вложения в размере 1 млрд. долл. США окупаются в течение 4.39 года), а также достаточно высокую степень экономической устойчивости проекта (по результатам анализа паукообразных диаграмм, а также проведенного трехвариантного расчета, в котором значения капитальных, операционных затрат и цены на металл изменялись на 15% соответственно выбранному варианту).

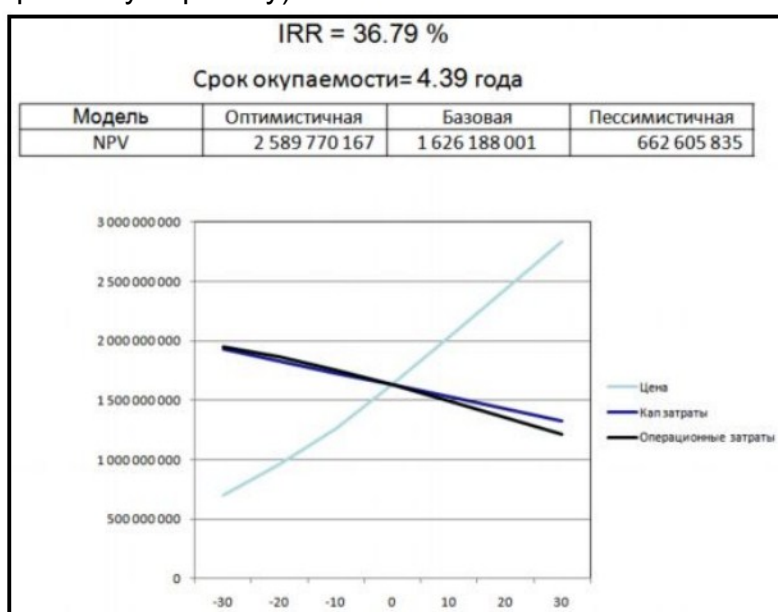


Рис. 9. Результаты анализа экономической устойчивости проекта

Таким образом, в результате проведенной переоценки месторождения Федорова Тундра было установлено, что этот проект является очень перспективным для промышленного освоения, вместе с образованием горно-промышленного кластера в этом регионе. Данные меры позволят существенно увеличить уровень добычи и обеспеченности России платиноидами в среднесрочной перспективе.

Литература

1. Don Schissel, Felix P. Mitrofanov, Alexei U. Korchagin, «Basal Platinum-Group Element Mineralization in the Fedorov Pansky Layered Mafic Intrusion, Kola Peninsula, Russia», *Economic Geology*, 2002, №97, p. 1657-1677.
2. Баянова Т.Б. «Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма» СПб.: Наука, 2004.
3. Капутин Ю.Е., «Моделирование месторождения и оценка минеральных ресурсов с использованием Studio 3. Учебный курс», С.-Пб., 2007 г.
4. Митрофанов А.Ф., Малютина М.Ю., «Трехмерное моделирование и методика подсчета запасов месторождений Федоровотундровского рудного поля (Кольский п-ов)», *Маркшейдерский вестник* №3, 2010 г.

Александр Феликсович Митрофанов, магистрант МГУ, геологический факультет, ФГУП «Гипроцветмет», тел.+7-926-351-05-64, wit-alex@ya.ru



КИТРЕЙД
ваш ключ к инновациям



УКАЗАТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫЙ УНЛ-01

**УКАЗАТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫЙ УНЛ-01
ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И
НАКЛОННЫХ ОПОРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ТОННЕЛЯХ И ГОРНЫХ
ВЫРАБОТКАХ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОПАСНЫХ ПО РУДНИЧНОМУ ГАЗУ И/ИЛИ
ГОРЮЧЕЙ ПЫЛИ.**

- проведение тоннелей и выработок с высокой точностью;
- широкий диапазон действия - от 10 до 500 м при сохранении размеров ядра центральной лазерной марки до 25 мм;
- точность и удобство настройки благодаря наличию теодолита в сборе с лазерным модулем;
- простота в обращении;
- прочный и легкий корпус;
- степень защиты оболочкой - IP54;
- вид и уровень взрывозащиты - РВ Exia I X;
- компактные размеры;
- различные варианты установки:
 - на кронштейне, закреплённом на стене выработки;
 - на геодезическом штативе;
- может поставляться без теодолита, с переходной пластиной для крепления, либо другим геодезическим инструментом, указанным заказчиком;
- источником питания служит аккумуляторная батарея головного светильника СВГ-6А. Зарядка батареи – на зарядном столе ламповой. Время свечения лазера от полностью заряженной батареи - не менее 4 суток;
- сертифицирован в системе ГОСТ Р.



**ОБОРУДОВАНИЕ И РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Компания "КИТРЕЙД"

пр. Дзержинского, 69/2, офис 321
г. Минск, 220116, Республика Беларусь
Тел. (+375 17) 277 03 01
Факс (+375 17) 277 02 96
e-mail: info@keytrade.by
www.keytrade.by

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РУДЫ ПУТЕМ КВАДРАТИЧНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

Предложена методика прогнозирования изменения величины разубоживания путем квадратичной аппроксимации от функции выпущенного количества товарной руды. Выполнена оценка точности предложенного метода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: руда; показатели извлечения; разубоживание; подсчет запасов; объем добываемой горной массы.



Рассмотрим зависимость между величиной разубоживания и выпущенным количеством товарной руды.

Изменение величины разубоживания можно выразить как функцию кумулятивных объемов добываемой горной массы:

$$R = f(V_k). \quad (1)$$

Конкретный вид этой зависимости можно выявить путем квадратического приближения фактических данных в виде параболы второго порядка:

$$R(V) = a_0 + a_1V + a_2V^2.$$

Для перехода к явному виду удобно взять обобщенные значения разубоживания как взвешенные средние:

$$R_0 = \frac{[R_i V_i]}{[V_i]}, \quad (2)$$

где R_i - разубоживание по товарным пробам, %; V_i - опробованные объемы товарной руды, т; V_k - кумулятивные объемы, тыс. т.

Опробованные объемы связаны с числом товар-

ных проб и общим объемом выпуска соотношением:

$$V_{\text{общ.}} = NV_{\text{ср.}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ср.}}$ - средний опробованный объем товарной руды; N - число проб.

График функции (1), построенный по величинам R_0 и V_k , будет отражать некоторую тенденцию, которую следует уточнить уравнением параболы подходящего порядка.

Подбор уравнений парабол по эмпирическим данным относится к задаче о наилучшем приближении функций. Одним из путей решения задачи о наилучшем приближении функций являются квадратические приближения, реализацией которых является параболическое интерполирование.

В общем виде квадратическое приближение осуществляется путем обращения в минимум интеграла

$$I = \rho(x) [P(x) - f(x)]^2 = \min,$$

где $\rho(x)$ - весовая функция; $P(x)$ - аппроксимирующий полином; $f(x)$ - заданная функция.

Для решения поставленной задачи приведем фактические значения R_0 и V_k , нормированные до 10.

Таблица 1

x_i	V_k	0,3	1,0	1,3	3,3	5,1	5,3	7,7	9,0	10,0
y_i	R_0	0	0,02	0,16	0,32	2,57	0,79	3,78	3,99	9,37

Согласно данным табл. 1 получим нормальную систему квадратической параболы:

N	[x]	[x ²]	[y]		9	43,0	308,06	21,0
	[x ²]	[x ³]	[xy]	=		308,06	2506,22	177,29
		[x ⁴]	[x ² y]				21664,33	1577,12
			[yy]					125,36

Для решения нормальных уравнений применим схему Гаусса для параболы второго порядка.

Таблица 2

n = 9							
[x] = 43,0	[x ²] = 308,06						
[x ²] = 308,06	[x ³] = 2506,22	[x ⁴] = 21664,33					
[y] = 21,0	[xy] = 177,29	[x ² y] = 1577,12	[yy] = 125,36	Q ₁₁ = 0,614	Q ₁₂ = -0,155	Q ₁₃ = -0,020	
					Q ₂₂ = 0,156	Q ₂₃ = -0,014	
						Q ₃₃ = 0,001	

-a ₀ = 0,410	-[x]/n = -4,778	-[x ²]/n = -34,229	-[y]/n = -2,333	1/n = 0,111		
n = 9	-a ₁ = 0,450	-[x ³ 1]/[x ² 1] = -10,080	-[xy1]/[x ² 1] = -0,750	-[x]/n[x ² 1] = -0,047	1/[x ² 1] = -0,010	
[x] = 43,0	[x ² 1] = 102,62	-a ₂ = -0,119	-[x ² y2]/[x ⁴ 2] = -0,119	*	-[x ³ 1]/[x ² 1]	1/[x ⁴ 2] = 0,001
				-0,020	[x ⁴ 2] = -0,014	
[x ²] = 308,06	[x ³ 1] = 1034,37	[x ⁴ 2] = 693,74	[VV] = 8,82			
[y] = 21,0	[xy1] = 76,96	[x ² y2] = 82,58	[yy3] = 8,82			

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

$$*\{-[x^2/n+[x]/n[x^3 1]/[x^2 1]1/[x^4 2]$$

1	-[x]/n=-4,778	-[x^2/n+[x]/n[x^3 1]/[x^2 1] =-13,933
	1	-[x^3 1]/[x^2 1]=-10,080
		1

Алгоритмы Гаусса раскрываются по известным правилам, например:

$$\begin{aligned} [x^2 1] &= [x^2] - \{[x]/n\} [x], \\ [x^3 1] &= [x^3] - \{[x]/n\} [x^2], \\ [xy 1] &= [xy] - \{[x]/n\} [y], \\ [x^4 2] &= [x^4] - [x^2/n [x^2] - \{[x^3 1]/[x^2 1]\} [x^3 1] \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

Искомые параметры будут равны:

$$\begin{aligned} a_2 &= [x^2 y^2] / [x^4 2], \\ a_1 &= -\{[x^3 1] / [x^2 1]\} a_2 + [xy 1] / [x^2 1], \\ a_0 &= -\{[x]/n\} a_1 - \{[x^2]/n\} a_2 + [y]/n, \end{aligned}$$

а уравнение параболы:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2.$$

Для нашего примера:

$$y = 0,410 - 0,450x + 0,119x^2.$$

Произведем оценку точности параболического интерполирования.

Суммы квадратов поправок, вычисляемой по схеме Гаусса приближениями:

$$\begin{aligned} [VV]_1 &= [yy 1] = [yy] - [y]^2/n, \\ [VV]_2 &= [yy 2] = [yy 1] - [xy 1]^2/[x^2 1], \\ [VV]_3 &= [yy 3] = [yy 2] - [x^2 y 2]^2/[x^4 2]. \end{aligned}$$

Для нашего примера $[VV]_1=76,37$, $[VV]_2=18,65$, $[VV]_3 = 8,82$.

Средняя квадратическая погрешность вычисленного относительно наблюдаемого:

$$m = \pm 8,82/5 = 1,33.$$

Средняя квадратическая ошибка функции:

$$m_y = m \sqrt{Q_y} = \pm 1,33 \sqrt{9 \cdot 0,614 + 102,62 \cdot 0,156 + 693,74 \cdot 0,001} = +6,3.$$

В обозначениях Гаусса:

$$Q_y = nQ_{11} + [x^2 1]Q_{22} + [x^4 2]Q_{33} + \text{и т.д.}$$

На практике парабола выше третьей степени встречается редко.

Весовые коэффициенты:

$$\begin{aligned} Q_{11} &= 1/n + \{[x]/n\}^2 1/[x^2 1] + \{-[x^2]/n + \\ &\quad + ([x]/n) [x^3 1]/[x^2 1]\}^2 1/[x^4 2], \\ Q_{22} &= 1/[x^2 1] + \{[x^3 1]/[x^2 1]\}^2 1/[x^4 2] \\ Q_{33} &= 1/[x^4 2]. \end{aligned}$$

Для оценки полученного приближения на конце графика функции можно использовать относительную ошибку, выраженную в %.

$$\Delta \% = m_y/y \cdot 100\% = [m \sqrt{Q_y} / y] \cdot 100\% \leq \xi.$$

Эта величина не должна превышать заданного предела точности, например, 10%.

Если $\Delta \%$ больше ξ и повышение степени полинома заметно не повышает точности приближения, тогда следует произвести дополнительные измерения и наблюдения.

*Владимир Михайлович Елисеев, профессор, кафедра геодезии и маркшейдерского дела, тел.: (495) 787-38-03 *25-51; (495) 787-38-03 *39-63 (Российский университет дружбы народов)*

Carlson Survey

Carlson Mining

Приложения к AutoCAD/AutoCAD Map 3D/AutoCAD Civil 3D
и IntelliCAD для горнодобывающих предприятий

Автоматизация маркшейдерских работ

Геологическая модель и анализ месторождения

Планирование и проектирование горных работ

НИП-ИНФОРМАТИКА

Россия, 192102, Санкт-Петербург,
улица Фучика, д. 4, лит. «К»
Тел: (812) 321-00-55, 718-62-11, 718-62-12
Тел/факс: (812) 321-00-55
e-mail: info@nipinfor.ru
Internet: www.nipinfor.ru

ПОЛНЫЙ СПЕКТР ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Санкт-Петербург



Закрытое акционерное общество «Геодезические приборы» основано в 2001 г.

В рамках основного направления своей деятельности компания решает комплекс разнообразных задач, актуальность которых определена тем, что в настоящее время широко внедряются передовые технологии, основанные на использовании высокотехнологичной геодезической техники: электронных тахеометров, спутниковой аппаратуры, электронных сканеров и др.

ЗАО «Геодезические приборы» — партнер многих ведущих строительных и изыскательских компаний Санкт-Петербурга и других городов Северо-Запада России. Компания является крупнейшим поставщиком геодезического оборудования в Северо-Западном регионе России. Обеспечивает такие отрасли, как: изыскания и строительство, землеустройство, дорожное проектирование и строительство, горнодобывающая промышленность, судостроение и др.

Компания участвует в системе повышения квалификации в области строительства и изысканий. С 2005 года в ЗАО «Геодезические приборы» на постоянной основе функционирует учебно-внедренческий центр.

Услуги, предлагаемые компанией:

- поставка современных геодезических комплексов, систем, приборов и инструментов;
- техническое обслуживание и сопровождение поставляемого оборудования;
- методическая помощь при внедрении новой техники и технологий;
- выполнение работ по внедрению спутниковых геодезических технологий;
- выполнение геодезических работ, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области геодезии (лицензия № СЗГ-02568Г от 25 мая 2009 г. на осуществление геодезической деятельности — Министерство экономического развития Российской Федерации Федеральное агентство геодезии и картографии);
- поставка программных комплексов и консалтинговые услуги;
- доставка оборудования в любой регион России;
- страхование поставляемой продукции.

В состав компании входит сервисный центр, который осуществляет экспертизу и ремонт оборудования, решает задачи метрологического обеспечения (лицензия № 002754-Р Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, специалисты имеют сертификаты производителя (Topcon, Sokkia) на право проведения ремонта и обслуживания поставляемого оборудования).





Воплощение вековых традиций качества!

Полный спектр геодезического оборудования



ЗАО «ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ»

197101, Санкт-Петербург, ул. Большая Монетная, д. 16

тел./факс: (812) 363-4323

e-mail: office@geopribori.ru

www.geopribori.ru

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ГРАВИТАЦИОННОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД СО СЛОЖНОЙ ГИПСОМЕТРИЕЙ В ЕСТЕСТВЕННОМ СОСТОЯНИИ

Рассмотрены закономерности формирования напряженного состояния в массивах горных пород в условиях спокойной и сложной гипсометрии. Сделан вывод об определяющей роли вязких свойств пород в формировании напряжений. Предложен способ расчета напряжений в неоднородных массивах пород со сложной гипсометрией с учетом упругих, вязких свойств и возможности формирования ослабленных зон. На примерах математического моделирования напряженного состояния массивов с неоднородными включениями показано, что на уровне геомеханических оценок с привлечением расчетов методом конечных элементов определяются поля напряжений и зоны ослаблений пород ориентированными дефектами в неоднородных массивах со сложной гипсометрией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: массив горных пород; напряженное состояние; боковой распор; вязкость зоны ослаблений; математическое моделирование.



Напряженное состояние массива горных пород (напряженное состояние нетронутого массива) представляет собой важную информацию для проектирования и расчета подземных сооружений и элементов систем разработки месторождений полезных ископаемых.

Основной активной силой, формирующей напряженное состояние в массивах горных пород, служит сила тяжести, определяющая вертикальную составляющую действующих напряжений. А.Надаи считает, что «в верхних слоях земной коры вблизи ее поверхности главные напряжения отличаются друг от друга и различны в разных точках пласта пород из-за местных нарушений их равновесия под действием собственного веса. Однако под этой поверхностной зоной состояние равновесия с увеличением глубины быстро становится приблизительно гидростатическим и характеризуется во всех точках, расположенных в горизонтальной плоскости, равными давлениями, действующими одинаково во всех направлениях» [6, с.757]. Это положение выражает гипотезу о гидростатическом напряженном состоянии, так называемую гипотезу А.Гейма.

До настоящего времени широко распространен подход, предполагающий, что гравитационные напряжения в нетронутом массиве чаще всего соответствуют гипотезе упругого поведения горных пород (гипотеза А.Н. Динника). В программных комплексах, применяемых в настоящее время для расчетов горного давления, напряжения в массиве пород, в том числе со сложной гипсометрией и с неоднородностями, рассчитывается, исходя из упругих законов деформирования. «Это состояние обычно приписывают участкам массива изверженных или осадочных пород на сравнительно небольших глубинах. По-видимому, достаточно уверенно можно полагать, что это распределение напряжений может иметь место на глубинах до 500 м. На больших глубинах возрастает вероятность гидростатического распределения гравитационных напряжений» [4, с. 7]. Однако специалисты относятся к такому подходу с сомнением, поскольку такой закон может быть применен только к толще горных пород, толкуемой как упругая, сплошная и изотропная среда [3].

С другой стороны, существует представление, что, например, в соляных и глинистых массивах напряженное состояние близко к гидростатическому [1]. Поскольку коэффициент Пуассона соляных пород составляет 0,15–0,35, то, в соответствии с законами упругости, боковой распор должен быть значительно меньше единицы (0,18–0,54). Представление о напряжениях в массивах соляных пород противоречит гипотезе упругого отпора, что говорит об отсутствии жесткой зависимости напряженного состояния пород в массиве от упругих свойств. Наблюдавшиеся особенности проявлений горного давления не получили объяснения на основе упругой гравитационной модели или гидростатического напряженного состояния.

За время существования земная кора и ее верхняя часть испытывали деформации и разрывы, в связи с чем естественные напряжения в ней имеют тектоническую составляющую, что существенно усложняет картину полей напряжений по сравнению с гравитационной моделью. Измерениями установлено наличие на многочисленных участках массивов горных пород более высоких, чем гравитационные напряжения [5].

Можно утверждать, что напряженное состояние массива пород формируется под действием сил тяжести, движения литосферных плит, сил гидростатического взвешивания и других природных воздействий. Тектонические напряжения не определяют полного поля напряжений, они участвуют в формировании напряжений, главным образом в горизонтальной плоскости. Вертикальная составляющая напряжений в среднем соответствует весу налегающей толщи пород; ее неравномерность возникает из-за сложностей гипсометрии и латеральной неоднородности свойств пород. В этой части существовавшие ранее представления о роли сил тяжести на формирование напряжений не противоречат природе. Влияние тектонических сил добавляет неопределенности в задачах расчета напряжений в массиве пород, знание о которых важно при проектировании горных выработок. Разрешению этих неопределенностей могут помочь только экспериментальные определения напряжений. В то же время покрыть сеть измерений все поле инженерной деятельности в геологической среде не возможно, поэтому необходимы научные методы, позволяющие моделировать процессы формирования горного давления в массивах, учитывающие разнообразие

разие геологических структур и воздействий на них в естественных условиях.

Здесь исследуются только напряжения, которые обусловлены действием сил гравитации в части массива горных пород, в верхних слоях литосферы, затрагиваемых инженерной деятельностью.

Коэффициент бокового распора. Повсеместно и постоянно действующей активной силой, формирующей напряженное состояние в массивах горных пород, служит сила тяжести, определяющая вертикальную составляющую действующих напряжений.

Вертикальная составляющая напряжений в среднем соответствует весу налегающей толщи пород. Напряжения в горизонтальной плоскости по условиям упругого поведения определяются коэффициентом бокового распора:

$$\lambda_0 = \nu / (1 - \nu), \quad (1)$$

где ν – коэффициент Пуассона.

В породах, вязкость которых описывается уравнениями типа Максвелла, величина вязких деформаций не ограничена, боковой распор равен единице. Этот результат согласуется с гипотезой А.Гейма, однако при нагрузках, не приводящих к разрушению, вязкие деформации горных пород как правило ограничены.

В тех частях массивов пород, где не возникали условия их разрушения (пластического деформирования), за время формирования массива породы накопили упругие и вязкие деформации:

$$\varepsilon = \varepsilon^e + \varepsilon^v, \quad (2)$$

где ε^e и ε^v – упругие и вязкие деформации.

Заметим, что породы могут испытывать вязкие деформации, значительно превышающие упругие. Эти деформации, не сопровождаемые разрушением, считаются вязкоупругими, при постоянстве объема [12]:

$$\varepsilon_1^{ve} + \varepsilon_2^{ve} + \varepsilon_3^{ve} = 0, \quad (3)$$

где $\varepsilon_1^{ve}, \varepsilon_2^{ve}$ и ε_3^{ve} – компоненты нормальных вязкоупругих деформаций в прямоугольной системе координат.

Для условий нагружения, не приводящих к разрушению, для многих горных пород в каждый момент времени вязкие деформации можно считать пропорциональными упругим, подтверждением этого служит тот факт, что изохронные кривые, полученные при длительных испытаниях образцов, близки к линейным [2, 11]. При этом с учетом (2), соотношения между упругими и вязкоупругими составляющими имеют вид [8, 9]:

$$\begin{aligned} \varepsilon_i^{ve} &= \frac{1}{3} k_{ve} (2\varepsilon_i^e - \varepsilon_j^e - \varepsilon_k^e); \\ \gamma_{ij}^{ve} &= k_{ve} \gamma_{ij}^e, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\varepsilon_i^e, \varepsilon_j^e, \varepsilon_k^e, \gamma_{ij}^e$ и $\varepsilon_i^{ve}, \gamma_{ij}^{ve}$ – компоненты упругих и вязкоупругих деформаций соответственно; i, j и k – номера осей прямоугольной системы координат (принимают значения 1, 2 и 3); k_{ve} – коэффициент пропор-

циональности между сдвиговыми упругими и вязкоупругими деформациями.

В условиях длительного нагружения отношение γ^{ve} / γ^e асимптотически стремится к некоторой величине

$$\gamma^{ve} / \gamma^e = k_{ve} \xrightarrow{t \rightarrow \infty} K_{ve}.$$

Предельная величина отношения $K_{ve} = \lim_{t \rightarrow \infty} \gamma^{ve} / \gamma^e$

названа *коэффициентом относительной вязкости* [9].

В массиве пород при горизонтальном залегании слоев:

$$\varepsilon_z = \varepsilon_z^e + \varepsilon_z^{ve}; \quad \varepsilon_x = \varepsilon_x^e + \varepsilon_x^{ve} = 0; \quad \varepsilon_y = \varepsilon_y^e + \varepsilon_y^{ve} = 0, \quad (5)$$

где z, x, y – оси системы координат; $\varepsilon_z, \varepsilon_x, \varepsilon_y$ – компоненты соответственно и деформаций; $\varepsilon_z^{ve}, \varepsilon_x^{ve}, \varepsilon_y^{ve}$ – составляющие вязкоупругих деформаций.

Поскольку напряжения определяются упругими деформациями, то

$$\sigma_i = \frac{E}{(1 - \nu - 2\nu^2)} \left[\varepsilon_i^e (1 - \nu) + \nu(\varepsilon_j^e + \varepsilon_k^e) \right]. \quad (6)$$

Здесь E – модуль упругости.

С учетом (4) – (6) и длительности действия нагрузок отношение боковых напряжений к вертикальным – коэффициент бокового распора [8, 9]:

$$\lambda = \frac{\nu + \frac{1}{3} K_{ve} (1 + \nu)}{1 - \nu + \frac{1}{3} K_{ve} (1 + \nu)}. \quad (7)$$

Формула (7), определяет коэффициент бокового распора в массивах с горизонтально залегающими слоями однородных пород.

Напряженное состояние в неоднородных массивах без разрушений. В массивах с негоризонтальным залеганием, с неоднородностями и складками, другого способа, кроме математического моделирования, для определения поля напряжений нет. Экспериментальные замеры возможны в ограниченном количестве точек и могут быть использованы как тарировочные значения.

Если при горизонтальном залегании слоев пород условий разрушения не появляется, то при наличии в горизонтальных плоскостях неоднородностей свойств и сложной гипсометрии такие условия могут возникать.

Оставаясь в рамках гипотезы среды с ограниченными линейно вязкими деформациями, учитывая соотношения (3), получим следующие выражения, связывающие компоненты полных и упругих деформаций:

$$\begin{aligned} \varepsilon_i &= \left(1 + \frac{2}{3} K_{ve}\right) \varepsilon_i^e - \frac{1}{3} K_{ve} \varepsilon_j^e - \frac{1}{3} K_{ve} \varepsilon_k^e; \\ \gamma_{ij} &= (1 + K_{ve}) \gamma_{ij}^e \end{aligned} \quad (8)$$

Подставив в формулы (8) выражения для упругих деформаций через напряжения, получим:

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

$$\varepsilon_i = \frac{1 + \frac{2}{3}K_{ve}(1+\nu)}{E} \left[\sigma_i - \frac{\nu + \frac{1}{3}K_{ve}(1+\nu)}{1 + \frac{2}{3}K_{ve}(1+\nu)} (\sigma_j + \sigma_k) \right], \quad (9)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{\tau_{ij}(1+K_{ve})}{G},$$

где G – модуль сдвига.

Формулы (8, 9), могут быть представлены в виде выражений, определяющих связь напряжений и деформаций в линейно упругих средах:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{E_1} [\sigma_i - \nu_1(\sigma_j + \sigma_k)], \quad \gamma_{ij} = \frac{\tau_{ij}}{G_1}, \quad (10)$$

где $E_1 = \frac{E}{1 + \frac{2}{3}K_{ve}(1+\nu)}$; $\nu_1 = \frac{\nu + \frac{1}{3}K_{ve}(1+\nu)}{1 + \frac{2}{3}K_{ve}(1+\nu)}$; $G_1 = \frac{G}{1 + K_{ve}}$

– квазиупругие постоянные: модули продольно и поперечной деформации и модуль сдвига, соответственно.

Таким образом, массив горных пород, деформирующийся в течение длительного времени, при моделировании может рассматриваться как упругая среда, описываемая выражением (10), в котором роль упругих модулей играют величины, зависящие от упругих и вязких параметров.

В зонах неоднородностей механических свойств пород может сформироваться напряженное состояние, при котором в течение длительного времени в породах возникнут условия нарушения прочности. Для таких случаев необходимы специальные подходы, учитывающие такие ситуации. Первичная трещиноватость осадочных (литогенетические трещины) и изверженных пород не зависит от напряжений [13], при моделировании эти дефекты среды должны задаваться в исходных данных о свойствах пород.

Рассмотрим конкретный пример массива пород с рудной залежью (рис.1). Породы разреза отличаются большим разбросом свойств. В таблице приведены деформационные и прочностные свойства пород,

не только упругие, но прочностные, пластические и хрупкие. Наблюдаются большие различия упругих, прочностных и вязких свойств. Модуль упругости отдельных типов пород отличается на два порядка. Ясно, что напряженное состояние такого массива неоднородно. Считаем, что причиной формирования напряженного состояния служат силы тяжести. Однако в силу сложной геометрии и неоднородности свойств в каждой точке массива напряжения определяются не только весом налегающих пород.

Для оценки влияния вязкости на формирование напряженного состояния выполним моделирование в двух вариантах. В первом варианте учитываются только упругие свойства пород, во втором – упругие и вязкие свойства. Моделирование выполняется методом конечных элементов для прямоугольной области с запрещенными вертикальными перемещениями на нижней границе и горизонтальными перемещениями на боковых границах при действии сил веса пород в каждом элементе. Задача решается в постановке плоской деформации с помощью программного комплекса DESTROCK PLANE [10]. В первом варианте среда рассматривается как идеально упругая. При горизонтальном залегании однородных слоев боковой распор в такой среде описывается выражением (1). Во втором варианте задача решается как для линейно деформирующейся среды с квазиупругими свойствами, уравнения которой учитывают длительность формирования напряженного состояния (10).

Оба варианта расчетов показали сходство распределения напряжений в рудном теле и его окрестностях (рис.2 и 3). Максимальные напряжения, ориентированные субвертикально, в обоих вариантах практически совпадают (рис. 2,а и 3,а). В упругом варианте в средней части рудного тела минимальные напряжения от 0 до 2 МПа, значительно отличаются от вертикальных (6-8 МПа). В тех же частях рудного тела в вязких породах минимальные напряжения (4-5 МПа) приближаются к максимальным, создавая условия, приближающиеся к равномерному объемному сжатию.

Механические свойства горных пород

Породы	γ , КПа/м ³	E , МПа	ν	σ_c	ϕ	$C_{дл}$	M_s	K_{ve}	K_v
Песчано-глинистые	22,0	400	0,27	2,0	25,0	0,4	100	1,0	0,4
Руда богатая	30,0	500	0,26	5,0	20,0	0,5	150	2,0	0,4
Известняк	26,0	3640	0,29	40,0	30,0	0,6	300	0,5	0,4
Песчаник	27,0	75000	0,25	80,0	25,0	0,6	400	0,2	0,5
Глины	22,0	460	0,34	3,0	30,0	0,5	80	3,3	0,4
Руда бедная	28,0	600	0,26	4,0	25,0	0,7	150	1,5	0,4
Кварциты	32,0	55000	0,26	70,0	30,0	0,7	500	0,5	0,5

Примечание: γ – объемная плотность; σ_c – прочность при одноосном сжатии; ϕ – угол внутреннего трения; $C_{дл}$ – относительная длительная прочность; M_s – модуль локального спада при разрушении; K_v – коэффициент объемного расширения.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

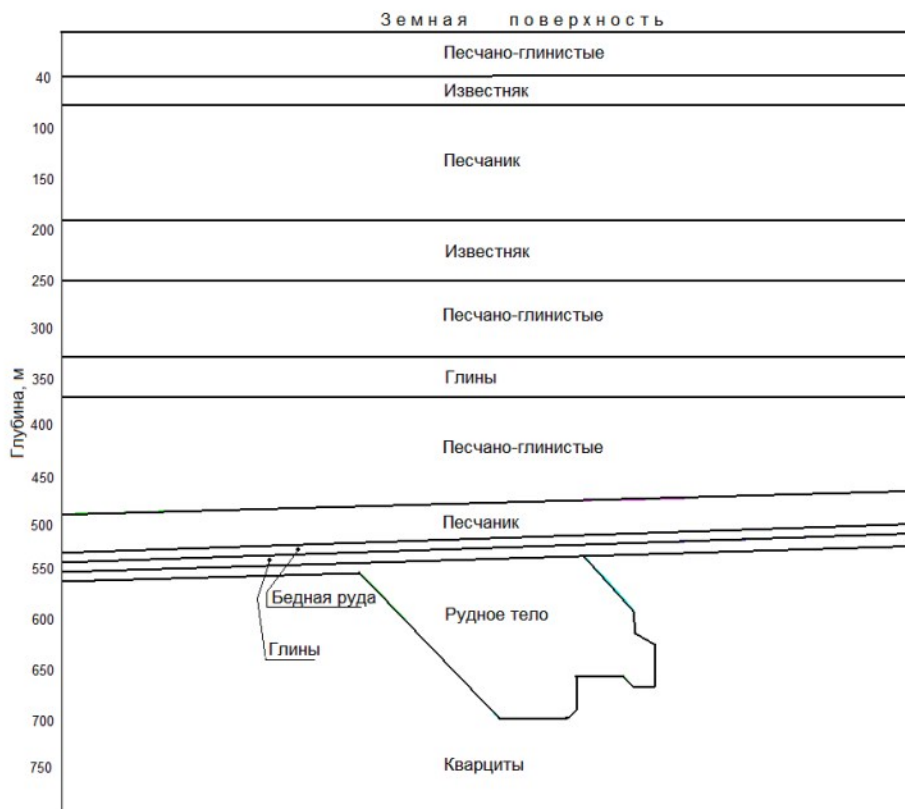


Рис.1. Схематический разрез по рудному месторождению. По боковой границе нанесены глубины до поверхности, горизонтальный масштаб равен вертикальному

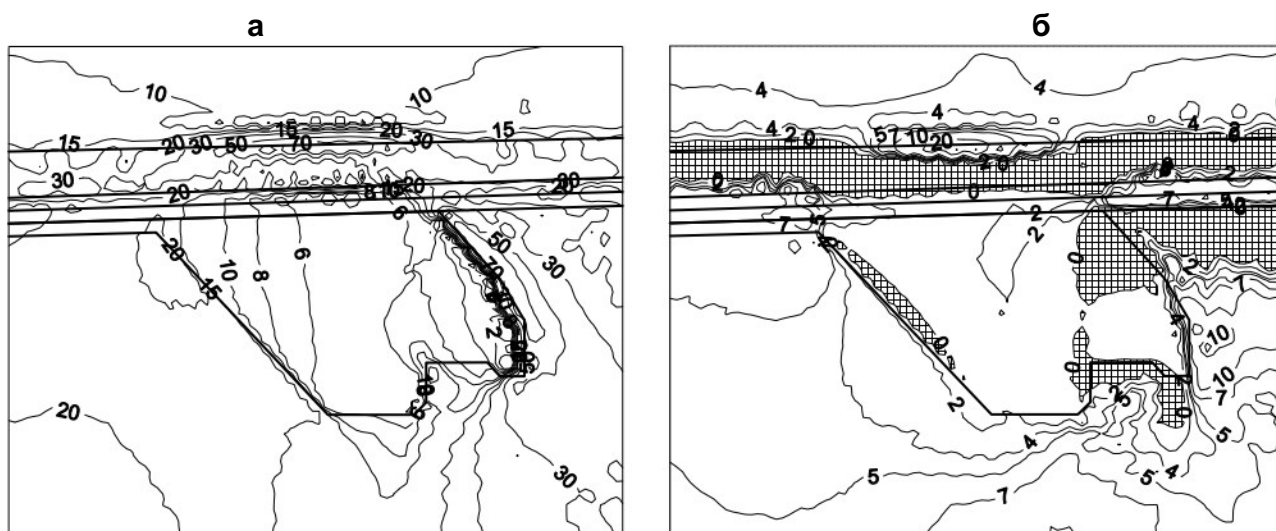


Рис. 2. Распределения максимальных (а) и минимальных (б) напряжений в рудном теле и его окрестности, рассчитанные с учетом только упругих свойств пород, МПа (заштрихованная зона растягивающих напряжений)

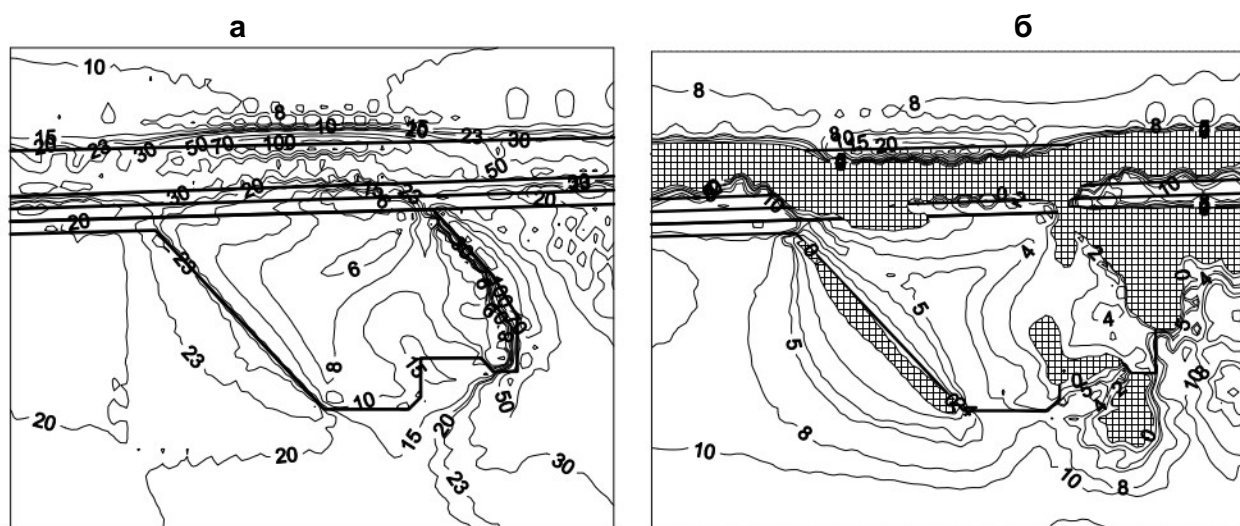


Рис. 3. Распределения максимальных (а) и минимальных (б) напряжений в рудном теле и его окрестности, рассчитанные с учетом упругих и вязких свойств пород, МПа

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Над средней частью рудного тела на контакте песчаника с глинистыми породами в обоих вариантах появилась зона повышенной концентрации напряжений сжатия по всем направлениям.

В приграничных частях рудного тела, в слое песчаника и в кварцитах, возникают зоны растягивающих напряжений, которые реальные горные породы выдержать в течение длительного времени не могут.

Таким образом, моделирование массива пород как среды только с упругими или с упругими и вязкими свойствами, без учета возможности разрушения пород не отражает реальной картины. Для решения таких задач необходимо учитывать не только упругие и вязкие свойства, но и способность горных пород к разрушению.

Напряженное состояние в неоднородных массивах с разрушениями. Горные породы в большинстве своем относятся к хрупким материалам, разрушение которых происходит с образованием новых и развитием существующих трещин. При моделировании формирования напряженного состояния используются подходы, применяемые в модели разрушающегося массива горных пород [7]. Идея метода заключается в том, что в каждой точке массива (в каждом отдельном элементе) на всех этапах нагружения рассматривается ограниченное количество направлений, по которым возможны разрушения при сдвиге или разрыве на макроуровне. Такой подход позволяет при численных расчетах перебирать возникающие условия по всем выделенным направлениям на каждом этапе нагружения. Предложен вариант расположения фиксированных площадок с шагом $\pi/4$. Как следует из трещинной сферической диаграммы (рис.4), тринадцать систем покрывают все поле возможных направлений ослаблений с интервалом 45° . Точки на диаграмме определяют 13 плоскостей, касательных к сферической поверхности.

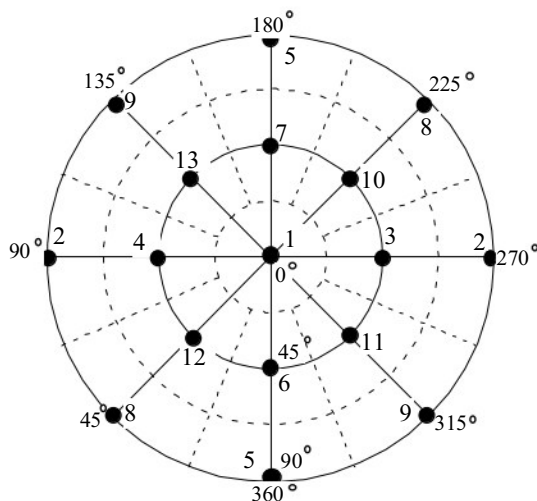


Рис.4. Проекция на плоскость сферической диаграммы фиксированных направлений систем трещин в пространстве. Зоны внутри штриховых контуров определяют множество направлений, относящихся к соответствующей системе трещин

В точке массива каждая система ослаблений может характеризоваться параметром, с помощью

которого описывается изменение прочности на сдвиг и на растяжение.

Каждая из систем характеризуется величиной p_i ($i = 1, 2, \dots, 13$), определяющей меняющуюся в процессе разрушения прочность. В начальный момент времени p_i могут быть равными (при отсутствии ослаблений по соответствующим направлениям) или меньшими единицы, если в соответствующей системе имеются ослабления: трещины, слабые контакты или прослойки пластичных пород. Величина p_i определяет относительную прочность на разрыв при растяжении поперек плоскости трещин, относительную прочность на сдвиг в условиях сжатия (сцепление) по плоскостям нарушений (имеется в виду прочность относительно ненарушенного состояния).

В каждой точке исследуемой области в текущий момент нагружения разрушение может происходить по любой из систем ослаблений или выделенных направлений, на которых создались соответствующие условия нагружения.

Под действием напряжений элемент массива разрушается (теряет часть начальной прочности) по некоторым поверхностям в результате сдвига при сжатии либо разрыва. Какой из возможных вариантов разрушения реализуется в данный момент, определяется действующими напряжениями, направлением главных осей тензора напряжений и наличием и состоянием ориентированных дефектов.

В модели массива пород как квазиплоской среды изменение состояния пород в каждый момент времени определяется значением параметров прочности (по каждому из выделенных направлений), их приращениями и составляющими деформаций (упругих, вязкоупругих и разрушающих).

Для каждого из выделенных направлений применяются критерии, в которых вместо обычных параметров прочности применяются их характеристики при длительном нагружении:

$$\tau_n \leq K_L p_i + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi; \quad \sigma_n \geq 0; \quad (11)$$

где σ_n , σ_t и τ_n – нормальные и касательные напряжения в плоскости нарушения с номером i ; K_L и φ – длительная прочность сцепления и угол трения в ненарушенном материале; p_i – параметр, характеризующий снижение прочности по i -й поверхности ослабления.

Условие прочности на сдвиг в форме Кулона-Мора дополнено условием положительности напряжений, нарушение которого в течение геологических масштабов времени определяет условие разрушения путем разрыва (сжимающие напряжения считаются положительными).

Продолжим исследование ситуации, рассмотренной ранее без учета разрушений. Математическое моделирование напряженного состояния с учетом упругих и вязких свойств показало, что в рудном теле и его окрестностях возникают зоны растягивающих напряжений, которые в течение длительного времени породы не выдержат. Методом конечных элементов при заданных граничных условиях с учетом положений модели разрушающейся среды выполнены рас-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

четыре напряженного состояния. Независимо от того, есть или нет ослабления, среда считается сплошной, поведение которой описывается уравнениями совместности деформаций и равновесия, реализуемые методом конечных элементов.

Результаты моделирования напряженного состояния с учетом сформулированных положений о законах разрушения приведены на рис.5. Моделирование показало, что в рудном массиве картина напряжений более однородная, чем рассчитанная для упругого и вязкоупругого вариантов (рис.2 и 3). В последнем расчете в рудном теле максимальные и минимальные напряжения приближаются друг к другу,

они соответственно составляют 8 и 7 МПа. Растягивающие напряжения в породах отсутствуют (рис.5), зато в некоторых частях массив нарушен трещинами (рис.6).

Полученный результат свидетельствует о том, что развивающиеся в процессе формирования массива напряжения привели к ослаблению прочности пород в некоторых его частях. Эти ослабления возникли в связи с появлением и развитием ориентированных дефектов – трещин. В зонах со штрихами на рис.6 показано, что в соответствующих местах по указанным направлениям снижение прочности достигло более чем 70%.

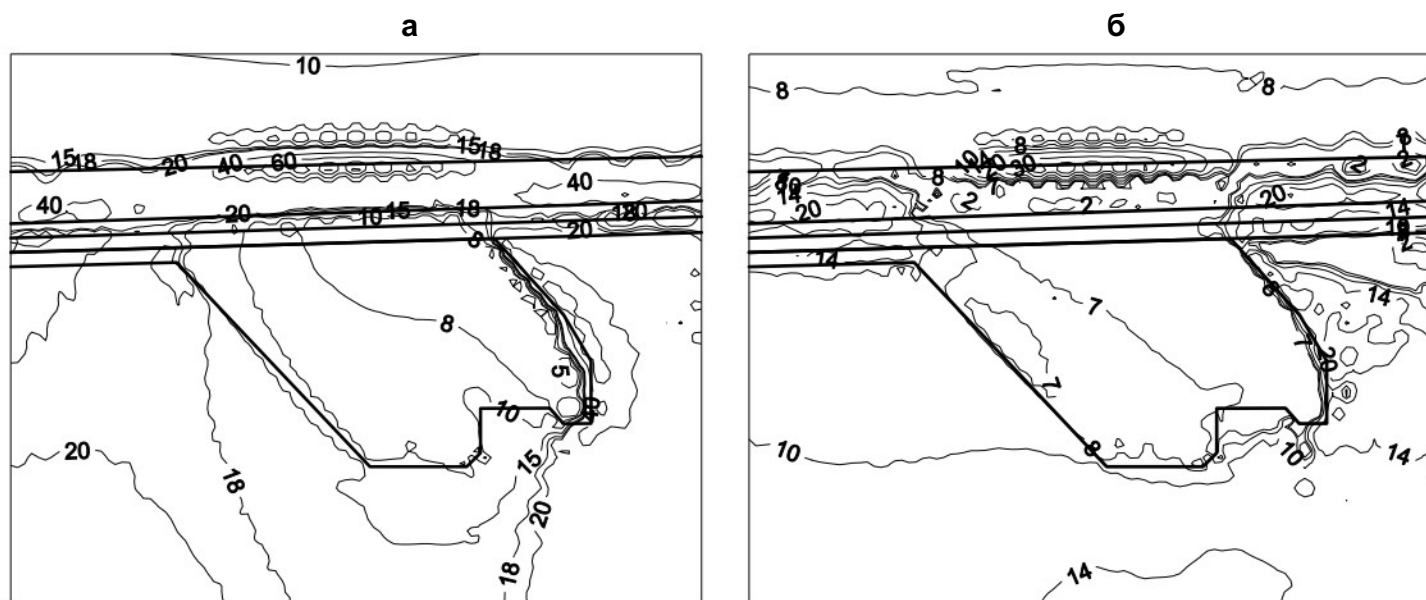


Рис. 5. Распределение максимальных (а) и минимальных (б) напряжений в рудном теле и его окрестности, рассчитанное с учетом упругих и вязких свойств и разрушения пород, МПа. Зон с растягивающими напряжениями нет

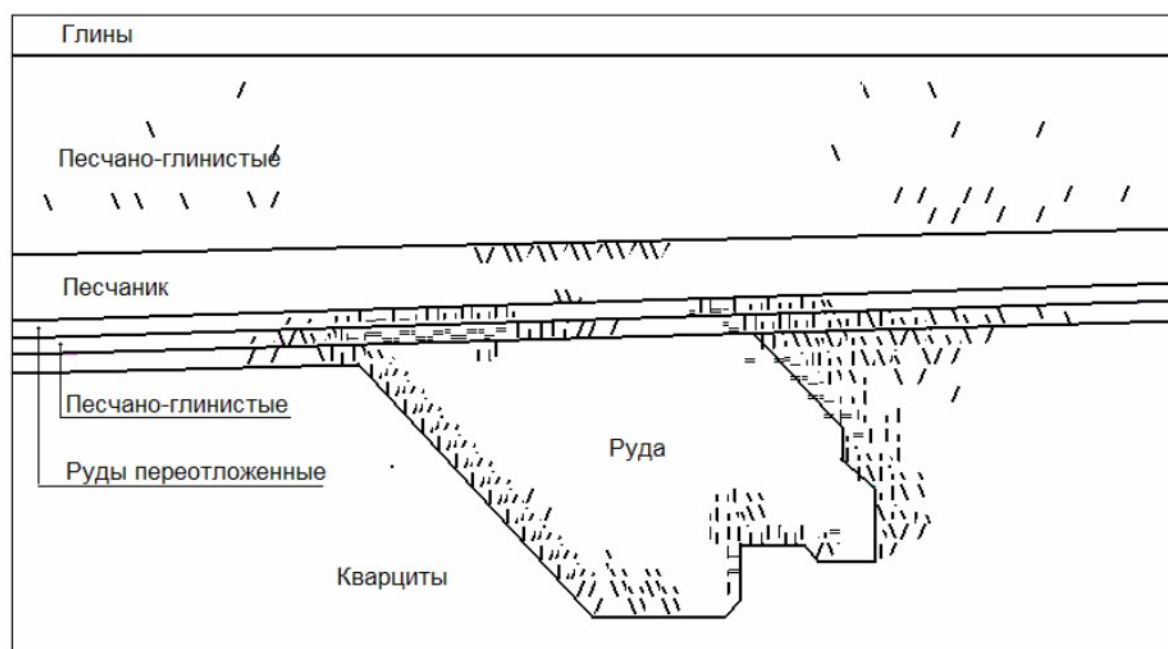


Рис.6. Состояние пород в рудном теле и его окрестностях с потерей сплошности по некоторым системам поверхностей более чем на 70%. Штрихи указывают на места и ориентацию дефектов

К числу важных природных факторов, оказывающих влияние на напряженное состояние и, возможно, на нарушенность массива пород, относятся высокие напоры подземных вод водоносных горизон-

тов. В слоях пород с напорной жидкостью напряженное состояние и геомеханические процессы определяется эффективными напряжениями [14], зависящими от действующих в них напоров.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Математическое моделирование обводненного массива с напорами до поверхности показало некоторое отличие напряженного состояния и потери прочности пород (рис.7) по сравнению с неводона-

сыщенным массивом (рис. 6). В результате расчетов получено, что в массиве с высоконапорными водами природная нарушенность породных слоев ниже, чем “в сухом” массиве.

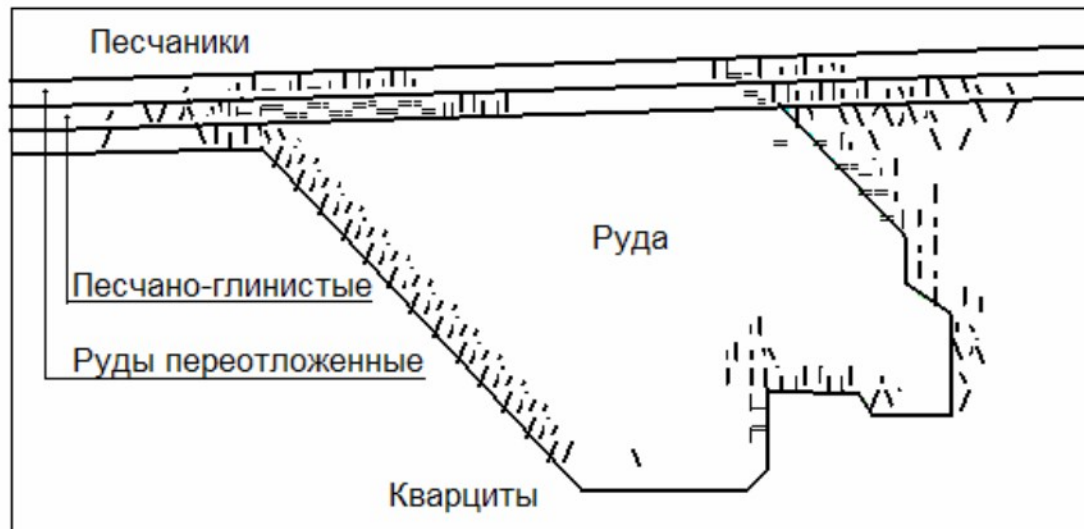


Рис.7. Состояние пород в рудном теле и его окрестностях в обводненном массиве с потерей сплошности по некоторым системам поверхностей более чем на 70%

Полученные результаты относятся к конкретному примеру геометрии и физико-механических свойств.

Заключение

Силы тяжести служат постоянным фактором, формирующим напряженное состояние в массивах горных пород. Гравитационная часть естественного поля напряжений в массивах пород зависит от упругих и вязких свойств. В массивах пород с горизонтальным залеганием однородных слоев напряжения бокового распора зависят от упругих и вязких свойств (коэффициенты Пуассона и относительной вязкости). Коэффициент относительной вязкости определяется отношением вязких деформаций к упругим, достигнутым за длительный период времени. Для разных пород относительная вязкость существенно различна, что приводит к неоднородности начального поля напряжений.

Учитывая линейный характер вязких деформаций в пределах неразрушающих условий нагружения, получены уравнения, связывающие полные деформации и напряжения, которые свойственны линейно деформируемой квазиупругой среде.

Пример расчета напряженного состояния массива пород с неоднородными включениями показал, что в отдельных частях массива возникают условия нагружения, при которых в течение длительного времени неминуемо появление ориентированных ослаблений.

Для напряжений в массивах пород, формирующихся в течение длительного времени, использован метод моделирования разрушающегося массива пород с привлечением критериев длительной прочности. Моделирование конкретной ситуации позволило получить распределение напряжений в рассмотренном массиве с неоднородностями свойств и найти участки с нарушением прочностных свойств в виде ориентированных систем трещин.

Моделирование показало, что в массивах пород с напорными жидкостями зоны нарушенных пород меньше, чем в «сухих» породах.

Литература

1. Барях А.А., Константинова С.А., Асанов В.А. Деформирование соляных пород. Екатеринбург, 1996. 204 с.
2. Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование горного давления, М., 1982.
3. Дашко Р.Э. Механика горных пород: Учебник для вузов. М., 1987. 264 с.
4. Каспарьян Э.В. Устойчивость горных выработок в скальных породах. Л., 1985. 184 с.
5. Марков Г.А. Тектонические напряжения и горное давление в рудниках Хибинского массива. Л., 1977. 213 с.
6. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. М., 1969. Т. 2. 864 с.
7. Оловянный А.Г. Некоторые задачи механики массивов горных пород, СПб, 2003. 234 с.
8. Оловянный А.Г. Боковой распор в массивах горных пород // Записки Горного института. СПб, 2010. Т. 185. С. 141-147.
9. Оловянный А.Г. Гравитационный боковой распор и тектонические напряжения в массиве горных пород // Маркшейдерский вестник. М. 2011. № 3. С. 40-46.
10. Программный комплекс для математического моделирования трещиноватых разрушающихся массивов горных пород (DESTROCK PLANE). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010614935/СПбГУ (RU), Институт геоэкологии им.Е.М.Сергеева РАН (RU). Авт.: А.Г.Оловянный, В.П.Чанцев. 2010.
11. Прочность и деформируемость горных пород / Ю.М. Карташов, Б.В. Матвеев, Г.В. Михеев, А.Б. Фадеев. М., 1979. 269 с.
12. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука, 1966. 752 с.
13. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. М., 1970. 164 с.
14. Терцаги К. Теория механики грунтов. М., 1961.

Анатолий Григорьевич Оловянный, к.т.н., вед.научн.сотр.,
Санкт-Петербургское отделение Института геоэкологии
РАН, тел./факс: (812) 3241256

ВИРТУАЛЬНЫЕ ТОЧКИ ТИПОВЫХ КРИВЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Установлены координаты виртуальных точек на типовых кривых оседаний земной поверхности, позволяющие трансформировать измеренные кривые оседаний в типовые кривые. Приводится пример такого трансформирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оседания земной поверхности; типовые кривые оседаний; трансформирование; виртуальная точка типовой кривой.



Сравнение расчетных и измеренных оседаний земной поверхности показывает, что в большинстве случаев наблюдаются расхождения между ними. Одной из причин таких расхождений является несоответствие между граничными углами сдвига и типовыми распределениями оседаний. Величина фактического граничного угла зависит от длины полумульды.

От этой длины зависит и распределение оседаний в полумульде. Отсюда следует, что одним из направлений по повышению точности расчета сдвижений и деформаций является трансформирование фактических кривых оседаний в типовые кривые. Такое трансформирование возможно с применением виртуальной точки типовой кривой оседаний. Виртуальная точка проявляется, когда на границе кривой оседаний возникает погрешность определения ее границы. Установим координаты виртуальных точек на типовых кривых оседаний, рекомендованных правилами охраны сооружений 1998 года. Эти кривые в зависимости от коэффициента подработанности N приводятся в табл. 1 [1].

Представим типовые кривые оседаний (табл. 1) в виде функции Гаусса:

$$S(z) = e^{-az^2}$$

где $a = f(z)$ – функция, уточняющая аналитическую зависимость $S(z)$.

Таблица 1

Типовые кривые оседаний земной поверхности $S(z)$

z	$S(z)$ при $N \geq 1$	$S(z)$ при $N = 0,9$	$S(z)$ при $N = 0,8$	$S(z)$ при $N \leq 0,7$
0	1	1	1	1
0,1	0,99	0,98	0,97	0,96
0,2	0,95	0,90	0,85	0,83
0,3	0,86	0,77	0,69	0,65
0,4	0,71	0,58	0,48	0,46
0,5	0,5	0,39	0,31	0,29
0,6	0,29	0,22	0,17	0,16
0,7	0,14	0,1	0,08	0,08
0,8	0,05	0,04	0,03	0,03
0,9	0,01	0,01	0,01	0,01
1	0	0	0	0

Прологарифмируем обе части функции Гаусса и выделим коэффициент a . В результате получим:

$$a = -\frac{\ln S(z)}{z^2}$$

В каждой точке z типовой полумульды вычислим коэффициенты a и установим зависимость $a = f(z)$.

С учетом этой зависимости выражение для типовой кривой оседаний преобразуется в следующий вид [3]:

$$S(z)_{II} = e^{-[f(z)]z^2}$$

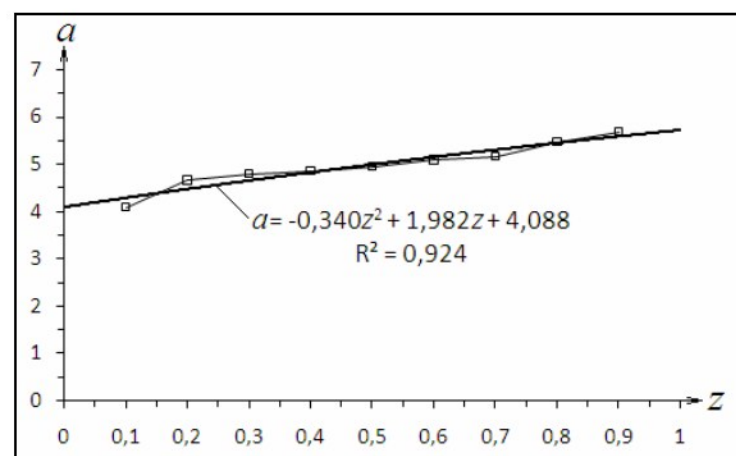
В табл.2 приводятся вычисленные величины $S(z)_{II}$ и разности R между ординатами типовой кривой в ошибочных полумульдах при $N \leq 0,7$.

Таблица 2

Расхождения R между ординатами типовой кривой в ошибочных полумульдах L' и L'' при $N \leq 0,7$

z	$S(z)$	a	$S(z)_{II}$	$L'=0,95$		$L''=1,05$		R
				z'	$S(z')$	z''	$S(z'')$	
0	1		1,00	0	1,00	0	1,00	0,00
0,1	0,96	4,08	0,96	0,095	0,96	0,105	0,95	0,01
0,2	0,83	4,66	0,84	0,190	0,85	0,210	0,82	0,03
0,3	0,65	4,79	0,66	0,285	0,69	0,315	0,63	0,06
0,4	0,46	4,85	0,46	0,380	0,50	0,420	0,42	0,08
0,5	0,29	4,95	0,29	0,475	0,33	0,525	0,25	0,08
0,6	0,16	5,09	0,16	0,570	0,19	0,630	0,13	0,06
0,7	0,08	5,15	0,07	0,665	0,10	0,735	0,06	0,04
0,8	0,03	5,48	0,03	0,760	0,04	0,840	0,02	0,02
0,9	0,01	5,69	0,01	0,855	0,02	0,945	0,01	0,01
1	0		0,00	0,950	0,01	1,050	0,00	0,00

На рис. 1 показано распределение коэффициентов a по оси z .

Рис. 1. Распределение коэффициентов a функции Гаусса по оси z

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

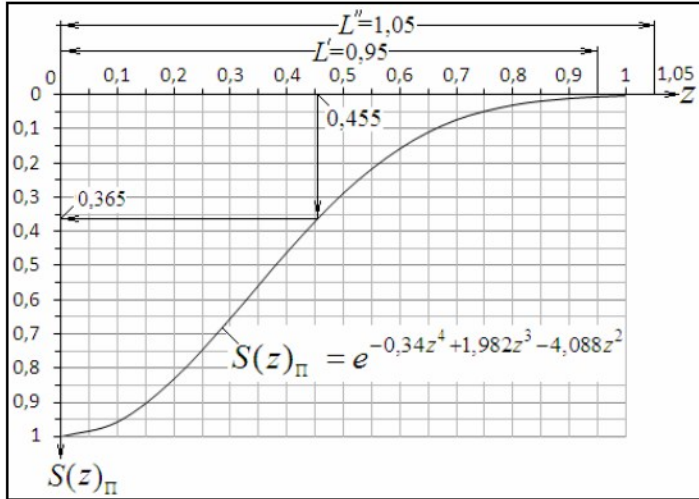


Рис. 2. Графическое представление типовой кривой оседаний при $N \leq 0,7$

С учетом полученной зависимости

$$a = f(z) = -0,34z^2 + 1,982z + 4,088$$

выражение для типовой кривой при $N \leq 0,7$ приобретает такой вид:

$$S(z)_{\Pi} = e^{-0,34z^4 + 1,982z^3 - 4,088z^2}$$

Графическая интерпретация типовой кривой представлена графически на рис.2.

Искусственно создадим на границе мульды смещение граничной точки в сторону максимального оседания и от него с погрешностью 0,05 от единичной длины полумульды. В результате будем иметь две полумульды длиной 0,95 и 1,05. Эти полумульды разделим на 10 равных частей и в точках деления вычислим ординаты $S(z')$ и $S(z'')$. Эти кривые представлены на рис.3.

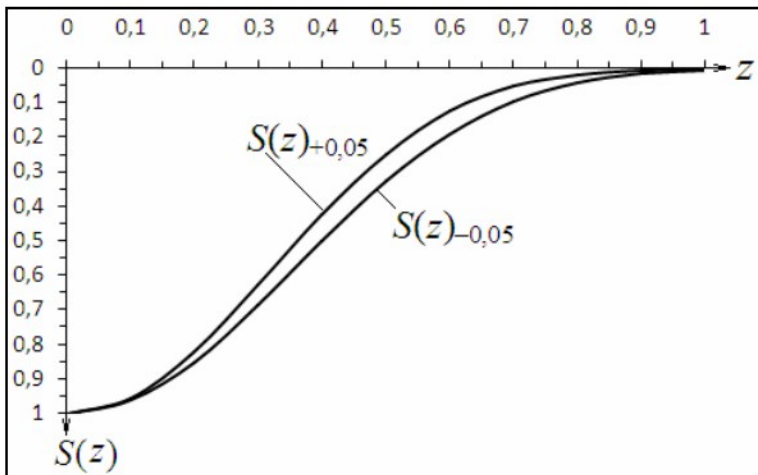


Рис. 3. Изменение формы типовой кривой оседаний при $N \leq 0,7$

В точках деления кривых $S(z')$ и $S(z'')$ (табл.2) вычислим разности ординат:

$$R = S(z') - S(z'')$$

Представим на рис.4 распределение R по оси z и установим абсциссу максимальной разности. Она

составит 0,455. Это есть абсцисса виртуальной точки, т.е. $z_{BT} = 0,455$.

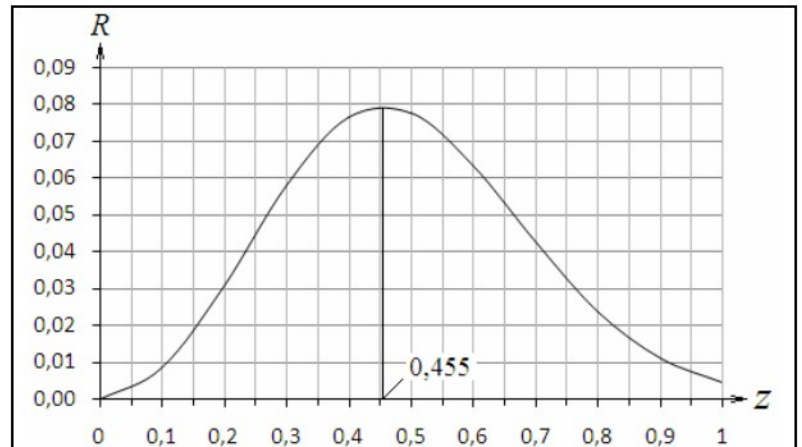


Рис. 4. Определение абсциссы виртуальной точки на типовой кривой оседаний при $N \leq 0,7$

Найдем ординату виртуальной точки. Для этого на кривой (рис. 2) определим ординату $S(z_{BT})$, соответствующую абсциссе $z_{BT} = 0,455$.

В результате получим $S(z_{BT}) = 0,365$.

Установим координаты виртуальной точки на типовой кривой оседаний при $N = 0,8$. Необходимые расчеты приведем в табл.3. Для типовой кривой при $N = 0,8$ нами получено следующее выражение:

$$S(z)_{\Pi} = e^{1,98z^4 - 4,848z^3 - 2,841z^2}$$

Распределение разностей R и определение координат виртуальной точки представлено на рис.5 и 6.

В результате получим координаты виртуальной точки на типовой кривой при $N = 0,8$:

$$z_{BT} = 0,465 \text{ и } S(z_{BT}) = 0,365.$$

Таблица 3

Расхождения R между ошибочными полумульдами сдвига L' и L'' при $N = 0,8$

z	S(z)	a	S(z) _п	L'=0,95		L''=1,05		R
				z'	S(z')	z''	S(z'')	
0	1		1,00	0	1,00	0	1,00	0,00
0,1	0,97	3,05	0,97	0,095	0,97	0,105	0,96	0,01
0,2	0,85	4,06	0,86	0,19	0,88	0,21	0,85	0,03
0,3	0,69	4,12	0,69	0,285	0,72	0,315	0,66	0,06
0,4	0,48	4,59	0,49	0,38	0,53	0,42	0,45	0,08
0,5	0,31	4,68	0,30	0,475	0,35	0,525	0,26	0,08
0,6	0,17	4,92	0,16	0,57	0,20	0,63	0,13	0,07
0,7	0,08	5,15	0,08	0,665	0,10	0,735	0,06	0,04
0,8	0,03	5,48	0,03	0,76	0,04	0,84	0,02	0,02
0,9	0,01	5,69	0,01	0,855	0,02	0,945	0,01	0,01
1	0		0,00	0,95	0,01	1,05	0,00	0,00

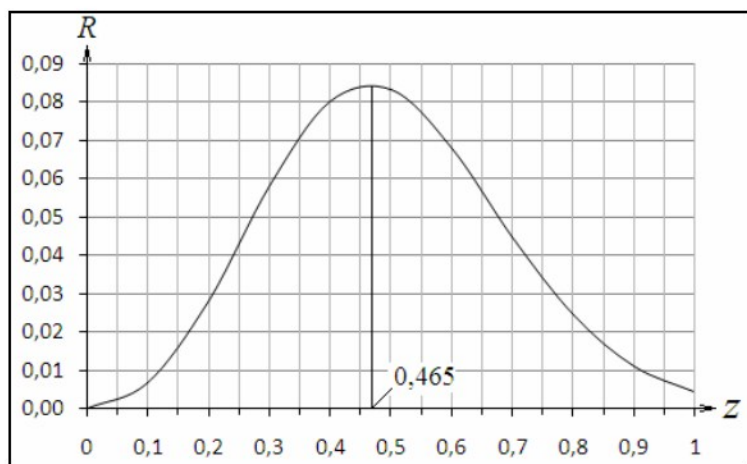


Рис. 5. Определение абсциссы виртуальной точки на типовой кривой оседаний при N=0,8

$$S(z)_{\Pi} = e^{-0,419z^4 - 3,954z^3 - 1,706z^2}$$

Распределение разностей R и определение координат виртуальной точки покажем на рис. 7 и 8.

В результате математической обработки нами получены следующие координаты виртуальной точки типовой кривой оседаний при $N=0,9$:

$$z_{BT} = 0,517, S(z_{BT}) = 0,360.$$

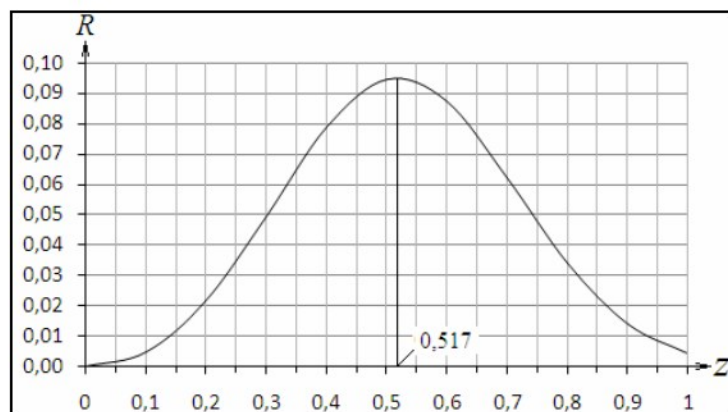


Рис. 7. Определение абсциссы виртуальной точки на типовой кривой оседаний при N=0,9

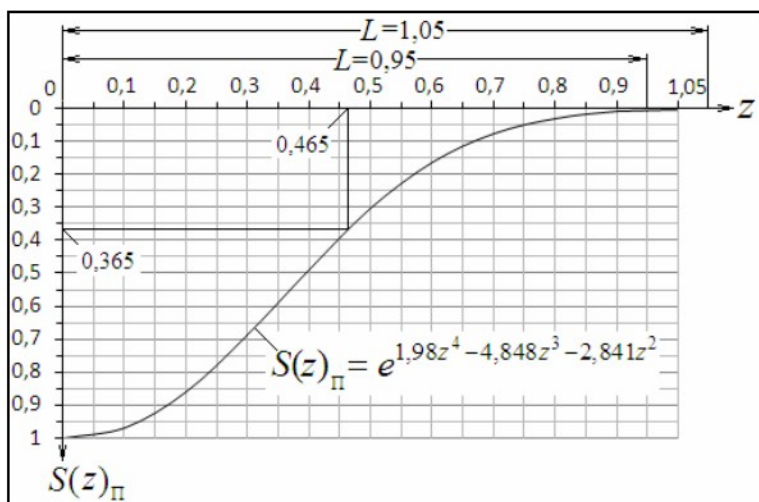


Рис. 6. Определение ординаты виртуальной точки на типовой кривой оседаний при N=0,8

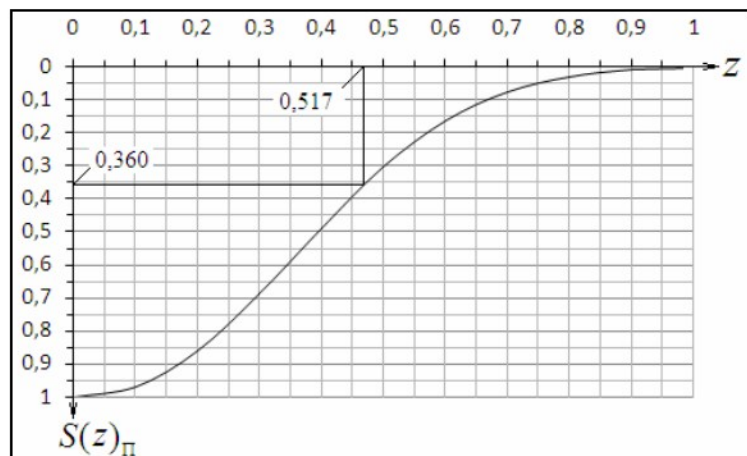


Рис. 8. Определение ординаты виртуальной точки на типовой кривой оседаний при N=0,9

Установим координаты виртуальной точки на типовой кривой оседаний при $N = 0,9$. Необходимые вычисления сведем в табл. 4.

Таблица 4

Расчеты при определении координат виртуальной точки на типовой кривой $S(z)$ при $N=0,9$

z	S(z) при N=0,9	a	S(z) _п	L'=0,95		L''=1,05		R
				z'	S(z')	z''	S(z'')	
0	0	1		1,00	0	1,00	0	1,00
0,1	0,1	0,98	2,02	0,98	0,095	0,98	0,105	0,98
0,2	0,2	0,9	2,63	0,90	0,19	0,91	0,21	0,89
0,3	0,3	0,77	2,90	0,77	0,285	0,79	0,315	0,74
0,4	0,4	0,58	3,40	0,58	0,38	0,62	0,42	0,55
0,5	0,5	0,39	3,77	0,39	0,475	0,44	0,525	0,34
0,6	0,6	0,22	4,21	0,22	0,57	0,26	0,63	0,18
0,7	0,7	0,1	4,70	0,10	0,665	0,14	0,735	0,07
0,8	0,8	0,04	5,03	0,04	0,76	0,06	0,84	0,02
0,9	0,9	0,01	5,69	0,01	0,855	0,02	0,945	0,01
1	1	0		0,00	0,95	0,01	1,05	0,00

Для типовой кривой при $N=0,9$ нами получено такое выражение:

Установим координаты виртуальной точки на типовой кривой оседаний при $N = 1$ (табл. 5).

Распределение разностей R и определение координат виртуальной точки покажем на рис. 9 и 10.

Типовая кривая при $N = 1$ будет иметь такое выражение:

$$S(z)_{\Pi} = e^{-3,6z^4 - 2,213z^3 - 0,718z^2}$$

В результате математической обработки нами получены следующие координаты виртуальной точки типовой кривой оседаний при $N=1$:

$$z_{BT} = 0,580, S(z_{BT}) = 0,340.$$

Изменение абсциссы z_{BT} в зависимости от коэффициента подработанности N описывается параболой второй степени:

$$z_{BT} = 1,325N^2 - 1,825N + 1,082$$

с достоверностью аппроксимации $R^2=0,995$.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Таблица 5

Расчеты при определении координат виртуальной точки на типовой кривой $S(z)$ при $N=1$

z	S(z) при N=1	a	S(z) _п	L'=0,95		L''=1,05		R
				z'	S(z')	z''	S(z'')	
0	1		1,00	0	1,00	0	1,00	0,00
0,1	0,99	1,01	0,99	0,095	0,99	0,105	0,99	0,00
0,2	0,95	1,28	0,95	0,19	0,96	0,21	0,94	0,01
0,3	0,86	1,68	0,86	0,285	0,88	0,315	0,84	0,04
0,4	0,71	2,14	0,71	0,38	0,74	0,42	0,67	0,07
0,5	0,5	2,77	0,51	0,475	0,56	0,525	0,45	0,11
0,6	0,29	3,44	0,30	0,57	0,36	0,63	0,25	0,11
0,7	0,14	4,01	0,14	0,665	0,19	0,735	0,10	0,09
0,8	0,05	4,68	0,05	0,76	0,08	0,84	0,03	0,05
0,9	0,01	5,69	0,01	0,855	0,02	0,945	0,00	0,02
1	0		0,00	0,95	0,00	1,05	0,00	0,00

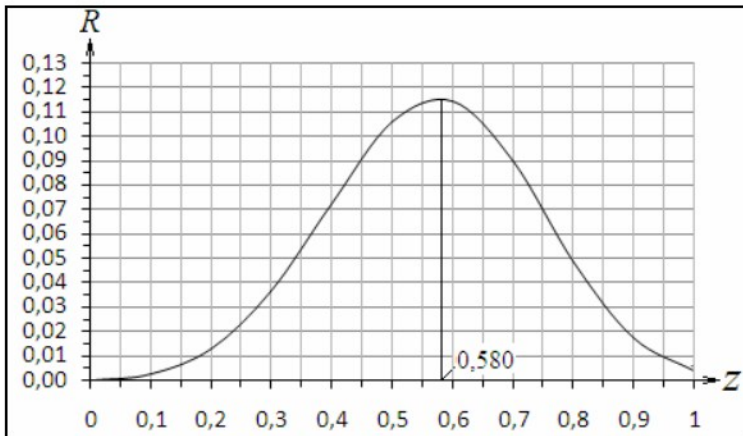


Рис. 9. Определение абсциссы виртуальной точки на типовой кривой оседаний при $N=1$

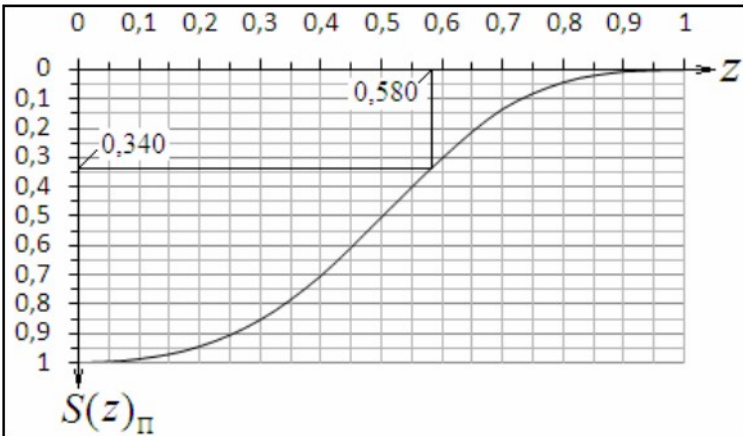


Рис. 10. Определение ординаты виртуальной точки на типовой кривой оседаний при $N=1$

Ординаты $S(z_{BT})$ находятся в зависимости от коэффициента N и аналитически описываются параболой второй степени

$$S(z_{BT}) = 0,5N^2 - 0,79N + 0,669$$

с достоверностью аппроксимации $R^2=0,933$.

Изменение координат виртуальных точек в зависимости от коэффициентов N приводится в табл.6

и на рис.11, из которых видно, что с увеличением N абсциссы увеличиваются, а ординаты уменьшаются.

Установим точки перегиба типовых кривых оседаний. В точках перегиба ординаты типовых кривых кривизны принимают нулевые значения.

В табл.7 приведем типовые кривые кривизны.

Данные табл.7 графически представлены на рис.12, на котором видно, что при изменении коэффициента N от 0,7 до 1,0 абсциссы точек с нулевой кривизной (или точек перегиба кривой оседаний) изменяются от 0,342 до 0,500.

Таблица 6

Координаты виртуальных точек типовых кривых правил охраны 1998 г.

N	z _{BT}	S(z _{BT})
0,7	0,455	0,365
0,8	0,465	0,365
0,9	0,517	0,360
1	0,580	0,340

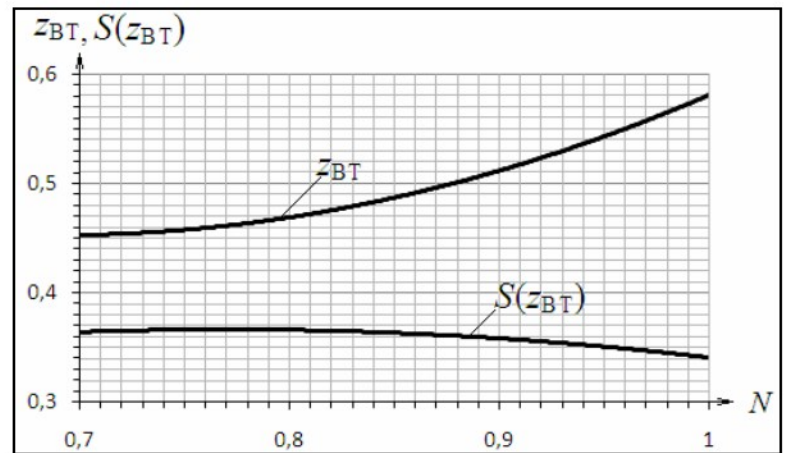


Рис. 11. Зависимость абсциссы и ординаты виртуальной точки от коэффициента подработанности

Таблица 7

Типовые кривые кривизны правил охраны 1998 г.

z	S''(z) при N≥1	S''(z) при N=0,9	S''(z) при N=0,8	S''(z) при N≤0,7
0	0	-4,3	-7,4	-9,4
0,1	-2,1	-5	-7	-8,2
0,2	-5,1	-6,1	-5,6	-5,2
0,3	-7,3	-5,3	-3	-1,8
0,4	-5,7	-1,8	0,7	2,3
0,5	0	2,9	3,9	4,3
0,6	5,7	5,7	5,1	4,6
0,7	7,3	5,6	4,4	3,7
0,8	5,1	3,7	2,8	2,3
0,9	2,1	1,5	1,2	1,1
1	0	0	0	0

На рис.13 приводится график изменения координат точек перегиба в зависимости от N . С увеличением коэффициента N абсцисса точки перегиба уве-

личивается, а ордината – уменьшается.

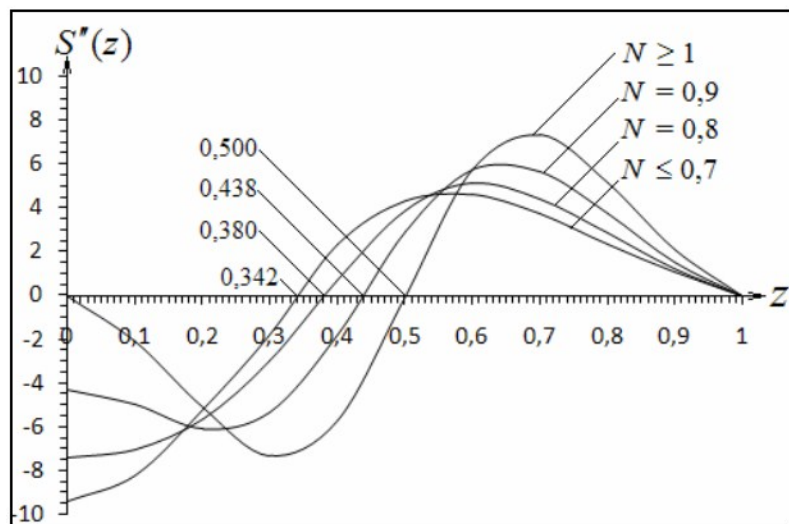


Рис.12. Типовые кривые кривизны

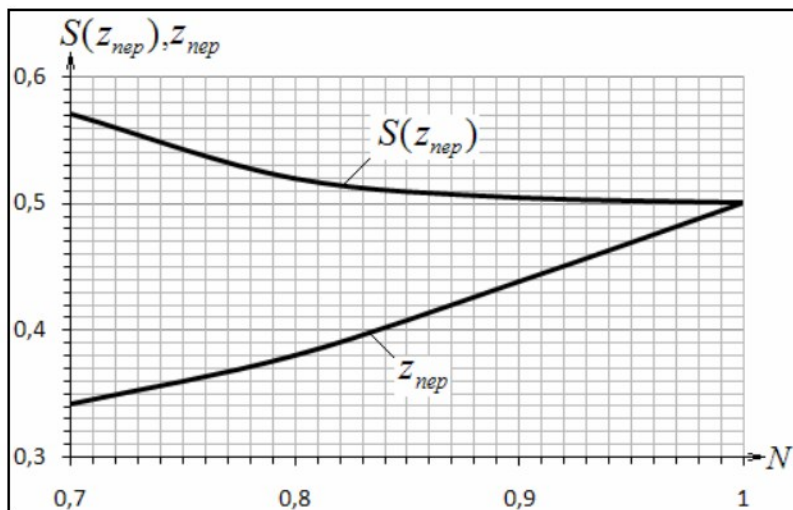


Рис.13. Изменение абсцисс и ординат точек перегиба от коэффициента N

В табл.8 и на рис.14 приводятся координаты виртуальных точек и точек перегиба кривых оседаний при всех коэффициентах подработанности.

Таблица 8

Величины координат виртуальных точек и точек перегиба в зависимости от коэффициента подработанности

N	z _{BT}	S(z _{BT})	z _{nep}	S(z _{nep})
0,7	0,455	0,365	0,342	0,57
0,8	0,465	0,365	0,38	0,52
0,9	0,517	0,360	0,438	0,505
1	0,580	0,340	0,5	0,5

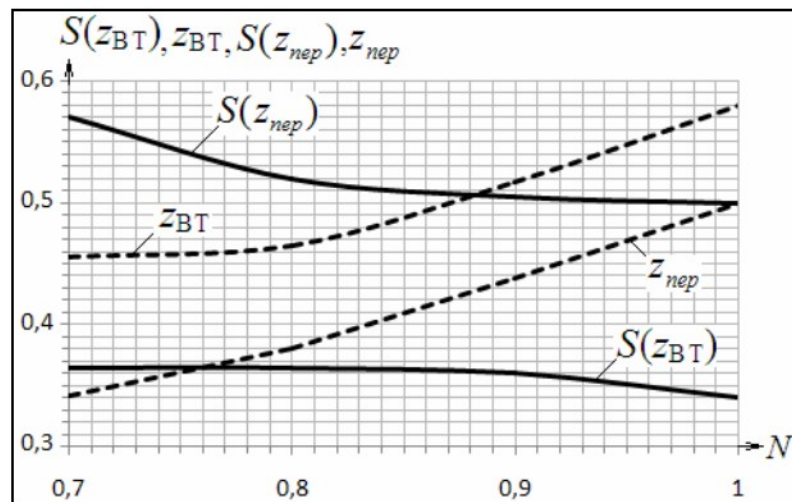


Рис.14. Координаты виртуальных точек и точек перегиба в зависимости от коэффициента подработанности

Рис.14 показывает, что координаты виртуальных точек z_{BT} и S(z_{BT}) не совпадают с координатами z_{nep} и S(z_{nep}) точек перегиба.

Координаты виртуальных точек типовых кривых правил охраны позволяют трансформировать фактические кривые оседаний в типовые кривые. Покажем на примере такое трансформирование.

По данным технического отчета [1] в табл.9 приведем измеренные оседания η от влияния лавы №109 шахты «Алмазная» ОАО «Гуковуголь», абсциссы реперов y_{1np} и ординаты S(z)_п единичной кривой оседаний в полумульде по падению пласта.

Коэффициент подработанности земной поверхности:

$$N = \sqrt{n} = \sqrt{0,7 \frac{D}{H}} = \sqrt{0,7 \frac{203}{998}} = 0,38 < 0,7.$$

Величина N указывает на неполную подработку. Поэтому при трансформировании кривой оседаний следует использовать следующие координаты виртуальной точки:

$$z_{BT}=0,455 \text{ и } S(z_{BT})=0,365.$$

Аналитическое выражение единичной кривой оседаний в полумульде по падению пласта принимает такой вид:

$$S(z)_{II} = e^{-4,0,26z^{2,223}}.$$

Распределение коэффициентов a приводится на рис.15.

Единичная кривая представлена на рис.16. Здесь же показано определение граничной точки единичной кривой, абсцисса которой составляет 1,18.

Рассчитанные ординаты S(z_{np})_{II} = e^{-4,0,26z_{np}^{2,223}} этой кривой через 0,1 длины полумульды приводятся в табл.10.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Таблица 9

Расчет единичной кривой оседаний $S(z)_п$ в полумульде по падению пласта

№ репера	$y_1, м$	$y_{1np}, м$	Оседания $\eta, мм$	z	S_z	a_ϕ	$S(z)_п$
7	369,0	0	498	0,000	1,000		1,000
5	383,7	15	497	0,037	0,998	1,48	0,997
4	408,6	40	485	0,099	0,974	2,69	0,977
3	421,0	52	474	0,130	0,958	2,53	0,957
2	438,8	70	453	0,175	0,934	2,24	0,920
1	453,4	84	430	0,212	0,843	3,80	0,880
61	474,2	105	390	0,264	0,777	3,62	0,812
62	493,2	124	364	0,311	0,731	3,23	0,740
III	506,4	137	312	0,345	0,627	3,94	0,686
63	522,5	153	288	0,385	0,578	3,69	0,617
64	538,6	170	262	0,425	0,526	3,55	0,548
II	551,8	183	232	0,459	0,466	3,63	0,491
65	581,2	212	217	0,532	0,436	2,93	0,371
66	586,9	218	181	0,547	0,363	3,39	0,350
67	603,9	235	162	0,589	0,325	3,23	0,289
I	620,0	251	142	0,630	0,285	3,16	0,237
68	628,9	260	110	0,652	0,221	3,55	0,211
IV	647,5	278	82	0,699	0,165	3,70	0,163
70	659,5	291	62	0,729	0,124	3,92	0,136
71	675,8	307	46	0,770	0,092	4,02	0,105
72	698,3	329	36	0,826	0,072	3,85	0,072
77	710,6	342	24	0,857	0,048	4,13	0,057
78	731,0	362	26	0,908	0,052	3,58	0,039
79	751,6	383	19	0,960	0,038	3,55	0,025
80	767,6	399	13	1,000	0,026	3,65	0,018

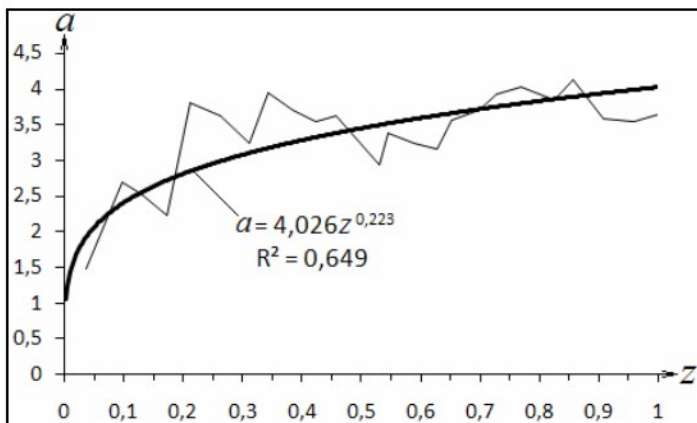


Рис. 15. Распределение коэффициентов a по оси z

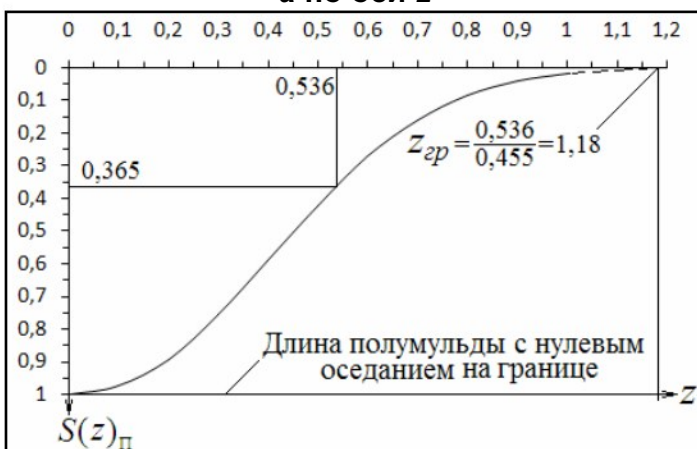


Рис. 16. Определение длины полумульды с нулевым оседанием на границе

Таблица 10

Преобразованная единичная кривая оседаний $S(z_{np})_п$ и отклонения R ее ординат от ординат типовой кривой $S(z)_{по}$ правил охраны

z	$S(z)_п$	$S(z)_{по}$	z_{np}	$S(z_{np})_п$	R
0	1,00	1	0	1,00	0,00
0,1	0,98	0,96	0,118	0,97	0,01
0,2	0,89	0,83	0,236	0,85	0,02
0,3	0,76	0,65	0,354	0,67	0,02
0,4	0,59	0,46	0,472	0,47	0,01
0,5	0,42	0,29	0,590	0,29	0,00
0,6	0,27	0,16	0,708	0,15	-0,01
0,7	0,16	0,08	0,826	0,07	-0,01
0,8	0,09	0,03	0,944	0,03	0,00
0,9	0,04	0,01	1,062	0,01	0,00
1	0,02	0	1,180	0,00	0,00

На рис.17 показаны отклонения R , а на рис. 18 – кривые $S(z_{np})_п$ и $S(z)_{по}$.

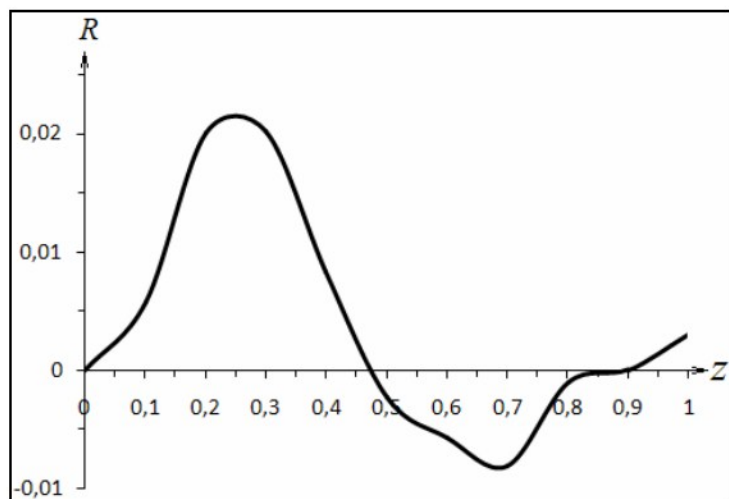
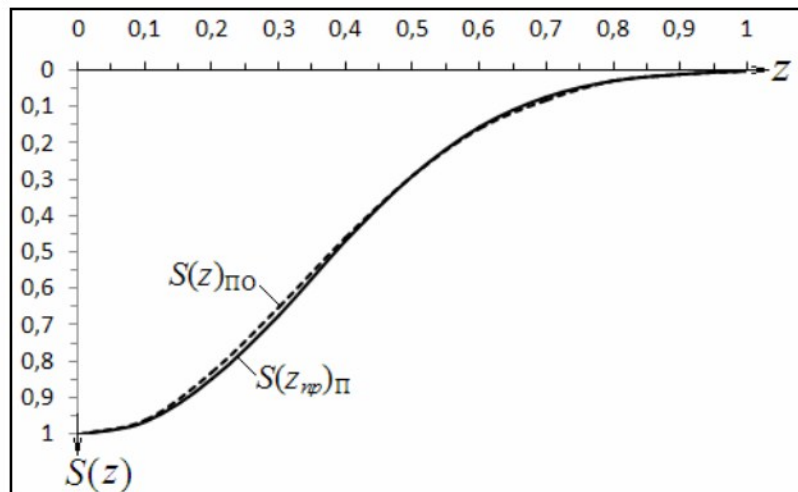


Рис. 17. Изменение разностей R по оси z

Рис.17 и 18 показывают, что координаты виртуальной точки типовых кривых позволяют выполнять трансформирование фактических кривых оседаний в типовые кривые. При этом следует учитывать то обстоятельство, что граничный угол, полученный по граничной точке на преобразованной кривой, не будет соответствовать граничному углу правил охраны. Отсюда возникает необходимость в получении новых формул граничных углов сдвижения.

Рис. 18. Сравнение типовой кривой $S(z)_{по}$ и единичной кривой $S(z_{пр})_{п}$ в полумульде по падению пласта

Литература

1. Отчет по наблюдениям за сдвижением земной поверхности в г. Гуково на наблюдательной станции «Советская – 3» от влияния горных разработок лавы №109 пл. I₆ шх. «Алмазная». Бюро специализированных маркшейдерских работ ОАО «Гуковуголь». Гуково, 2005 – 12с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с.
3. Посыльный Ю.В. Руководство по расчету параметров процесса сдвижения земной поверхности над горными выработками [Текст] / Ю. В. Посыльный / Шахт. ин-т., Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000. – 163 с.

Юрий Васильевич Посыльный, д.т.н., профессор,
тел. (8635)25-53-56
(Южно-Российский государственный технический
университет (НПИ))

Д.В.Шустов

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА НА РАЗВИТИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассмотрены вопросы, связанные с деформированием скального трещиноватого массива на основе учета полной диаграммы деформирования пород по контактам. Оценка влияния различных факторов на процессы сдвижения пород производится путем моделирования методом дискретных элементов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод дискретных элементов; трещиноватость; скальный массив; distinct/discrete element method.



Интенсивное развитие численных методов моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива привело к развитию нового метода моделирования НДС массивов блочной и трещиноватой структуры - метода дискретных элементов [1].

В отличие от методов, описывающих сплошную среду, в методе дискретных элементов модели деформирования задаются как для самих блоков, так и для

поверхностей их контактов. При этом, определяющим фактором в расчетах сдвижений массива, разбитого трещинами является сдвиг, реализуемый по трещине.

В рамках данной работы использовался программный комплекс 3DEC, имеющийся на кафедре МДГиГИС ПНИПУ [2]. Расчетная схема базируется на уравнениях движения, представленных П.Кундаллом [1,2]. На каждом шаге расчета перемещения рассчитываются по определенному закону движения, учитывая зависимости «сила - перемещения» в контактах блоков. В программе используется метод начальных деформаций. Исходными являются упругие пе-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

ремещения, полученные к моменту времени $t=0$. В результате интегрирования по времени происходит приращение перемещений (или скоростей) по контакту, в результате чего блок занимает новое положение в пространстве.

Свойства контакта в упругой зоне задаются коэффициентами нормальной и касательной жесткости. Для описания поведения контакта была реализована и внедрена в программный продукт модель, учитывающая полную диаграмму деформирования контакта. Эксперименты, выполненные В.Лейхнитцем и П.Ербаном на точном оборудовании [3,4], показывают

характерные зависимости между нормальными и касательными напряжениями и перемещениями в плоскости трещины (рис.1). Определяющие уравнения данной модели при условии критерия разрушения Джагера представлены в работе [5]. Таким образом, для расчета сдвижений скального массива реализована упруговязкопластическая модель деформирования контактов по системам трещин на допредельной и запредельной стадиях в программном комплексе метода раздельно-блочных элементов 3DEC.

Модель была реализована в программе путем создания пользовательской библиотеки (*.dll).

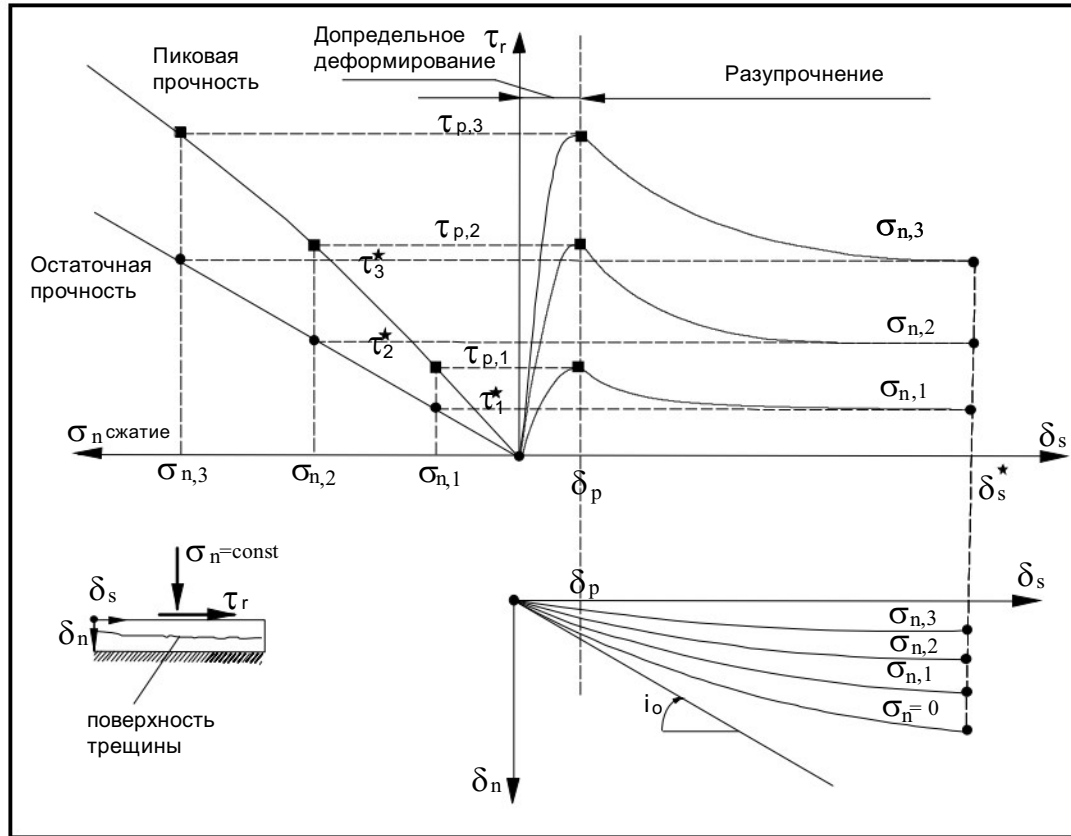


Рис.1. Полная диаграмма деформирования по контакту скальных пород

Для выявления характера и степени влияния различных факторов на процесс сдвижения скального массива был проведен ряд тестовых расчетов на примере строительного котлована, пройденного на глубину 25 м. Расчетная схема представлена на рис.2. Массив разбит двумя системами трещин, при этом тре-

щинами разбивалась только та часть, сдвижения которой наиболее интересны для уменьшения времени расчета модели. Откошу задавался коэффициент запаса устойчивости при помощи дополнительных анкерных сил. В этом случае массив находится в устойчивом состоянии и деформируется на допредельной стадии.

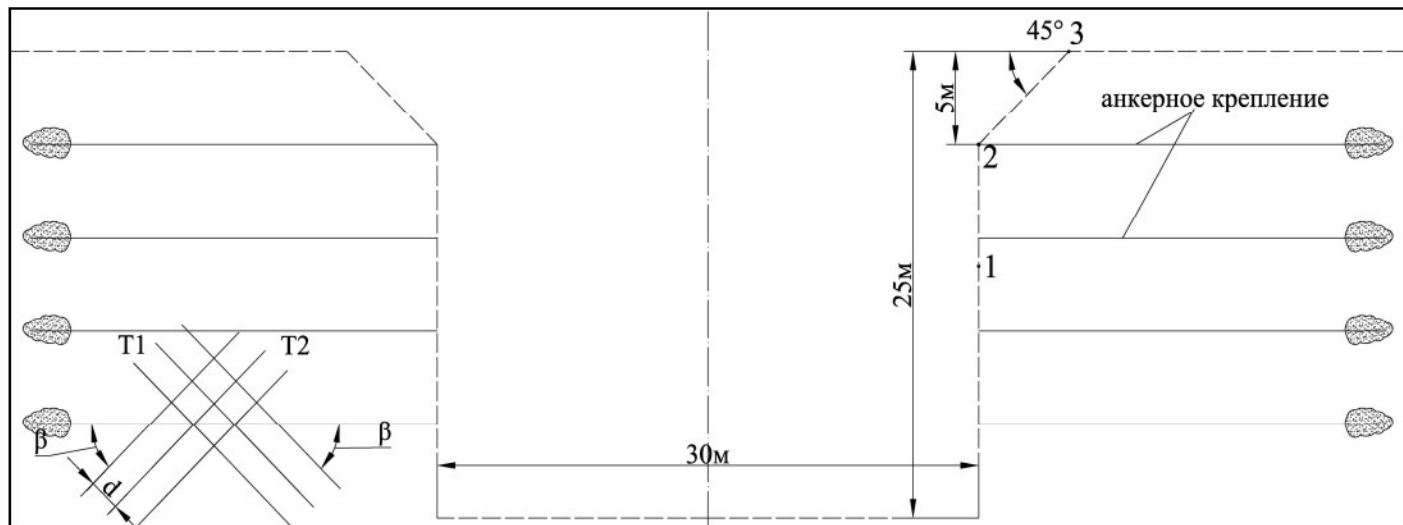


Рис.2. Расчетная схема строительного котлована

Следует отметить, что аналогичная схема для расчета методом конечных элементов использовалась в работах С.Г.Ашихмина [6] и П.Ербана [3], поэтому данная задача является также и тестовой для определения правильности реализации и поведения реализованной модели на допредельной стадии деформирования. Кроме того, основные качественные результаты являются основополагающими для анализа процессов сдвижения земной поверхности при разработке мощных крутопадающих рудных месторождений. Всего было просчитано 19 вариантов сочетаний физико-механических и структурных свойств массива (табл.1).

Таблица 1

Варианты расчета сдвижений массива строительного котлована

Вариант	Упругие константы, объемный вес $E, \text{МПа}; \nu, \text{МН/м}^3$	Параметры трещиноватости		Прочностные св-ва	$\delta_p, \text{мм}$ $i, \text{град}$
		$\beta, \text{град}$	$d, \text{м}$		
1	$E=3000$ $\nu=0.25$ $\gamma=0.025$	45	1.0	$c_w=1.5 \text{МПа}$ $\varphi_w=32.5^\circ$ $\varphi_T=32.5^\circ$	$\delta_p=1.5$ $i=20$
2		0/90			
3		55			
4		65			
5		45	0.5		
6			2.5		
7		50	1.0		
8					
9					
10					
11					
12	$E=500$	45	1.0		
13	$E=1500$				
14	$E=10000$				
15	$E=3000$	45	1.0		$\delta_p=0.5$
16					$\delta_p=2.5$
17	$E=3000$	45	1.5	$\varphi_w=20^\circ$ $\varphi_T=10^\circ$	$\delta_p=1.5$
18	$E=3000$	45	1.0	$c_w=1.5 \text{МПа}$ $\varphi_w=32.5^\circ$ $\varphi_T=32.5^\circ$	$\delta_p=1.5$
19					

На рис.3 показаны вектора перемещений для 1-го расчетного варианта. Направленность векторов соответствует опыту инструментальных наблюдений: увеличение оседаний и горизонтальных сдвижений при приближении к выемке, при этом величины горизонтальных сдвижений превышают оседания. На удалении от выемки вектора сдвижений выполаживаются и затухают по абсолютной величине. На дне котлована наблюдаются поднятия, что объясняется разгрузкой массива от веса вышележащих пород.

Далее подробно рассматривается влияние различных факторов на величины и характер сдвижения массива. Деформирование массива по 17 варианту не оценивалось, а выполнялось лишь для демонстрации возможного разрушения массива в запредельной стадии деформирования. На рис.4 показан вид полуразрушенного котлована после потери устойчивости. В данном примере сходимости процесса не была достигнута, сдвиги продолжались, а решение было остановлено принудительно, когда результат был ясен. Сдвиги происходят по системам

трещин и превышают величину 2 м.

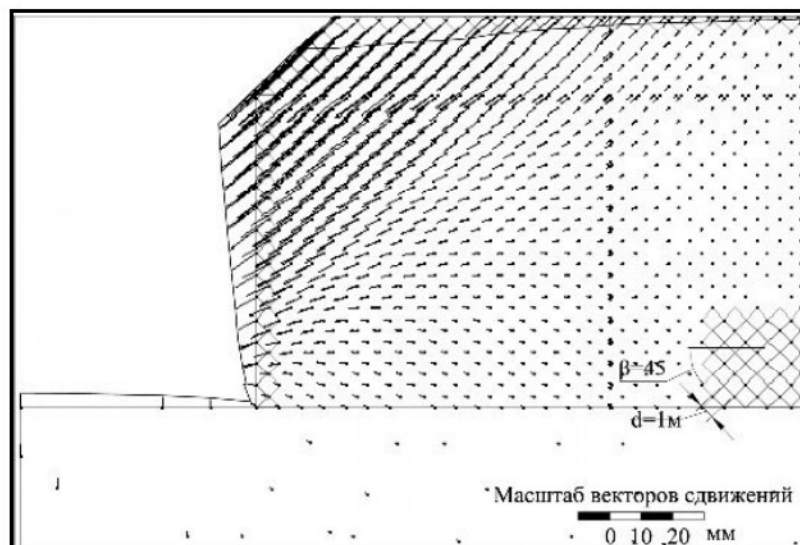


Рис.3. Вектора смещений массива в первом расчетном варианте

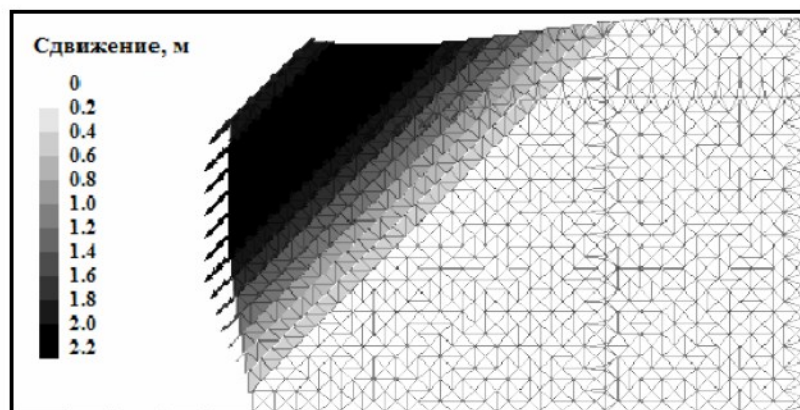


Рис.4. Сдвигение массива в запредельной стадии деформирования

На рис.5 показано влияние угла падения трещин на сдвиги массива в допредельной стадии. Также на рис.6 показаны графики горизонтальных сдвижений и оседаний земной поверхности. За опорную точку принята точка, расположенная на удалении от выемки, где сдвиги практически отсутствуют.

Из рисунков видно, что наибольшие сдвиги наблюдаются при угле падения системы трещин 45° . При увеличении и уменьшении угла падения систем трещин сдвиги уменьшаются. Это связано с особенностями напряженного состояния, когда при $\beta=45^\circ$ достигается максимум касательных напряжений в плоскости трещины. При этом, как видно из рис.6, уменьшение горизонтальных сдвижений не столь существенно, как оседаний. Как видно из данных графиков, горизонтальные сдвиги на поверхности превосходят оседания при приближении к границе выемки. На удалении от выемки оседания имеют большие величины по сравнению с горизонтальными сдвигами.

При изменении расстояния между трещинами, как и следовало ожидать, сдвиги также изменяются - при уменьшении расстояния сдвиги возрастают (рис.6), что соответствует механизму деформирования трещиноватого массива.

Развивая данную задачу, рассмотрим влияние

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

коэффициента запаса устойчивости и модуля упругости массива на величины и характер сдвижения. Были произведены расчеты смещений для откоса с двумя системами трещин при $\beta=50^\circ$ и различных коэффициентах запаса устойчивости (КЗУ) от 1.01 до 2.0 согласно табл.1. Как и ожидалось, при увеличении КЗУ сдвижения уменьшаются, при этом данное изменение имеет нелинейный характер.

Варьирование модуля упругости при оценке его влияния на сдвижения производилось в пределах $E=500-10000$ МПа. Результаты расчетов показали, что при увеличении модуля упругости горизонтальные сдвижения прогнозируемо уменьшаются, при этом оседания в начале увеличиваются при росте упругости до 1500 МПа, затем выполаживаются при его дальнейшем росте. Такой характер поведения оседаний связан с упругой разгрузкой массива при низких значениях модуля упругости.

Влияние напряженного состояния массива на величины горизонтальных и вертикальных сдвижений массива до настоящего времени является слабо изученным моментом. В рамках данной работы рассматривалось 3 варианта напряженного состояния: поле напряжений, определяемое гипотезой Динника; равнокомпонентное поле напряжений; тектоническое поле напряжений с тектонической добавкой в 1 МПа. Расчеты показали следующие результаты: при увеличении горизонтальной компоненты поля напряжений увеличиваются горизонтальные смещения и наряду с этим уменьшаются оседания (рис.7), что соответствует опыту инструментальных наблюдений за сдвижением горных пород при разработке рудных месторождений. Связано это с ростом горизонтальной разгрузки массива в сторону выработанного пространства.

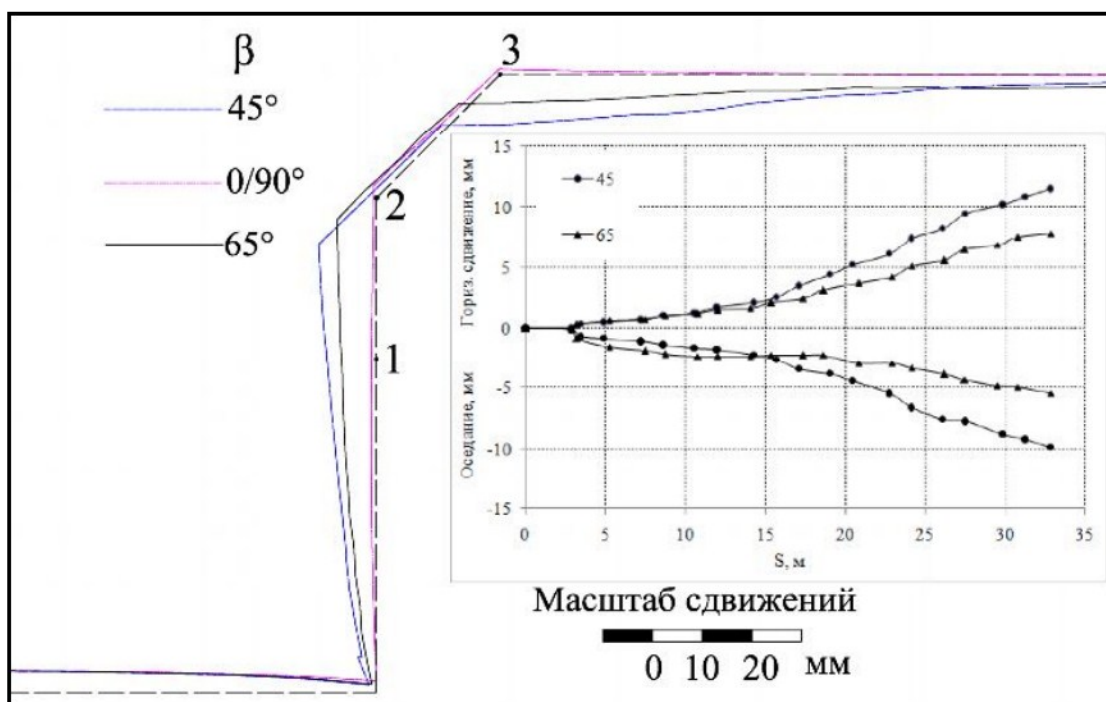


Рис.5. Влияние угла падения системы трещин на сдвижения откоса

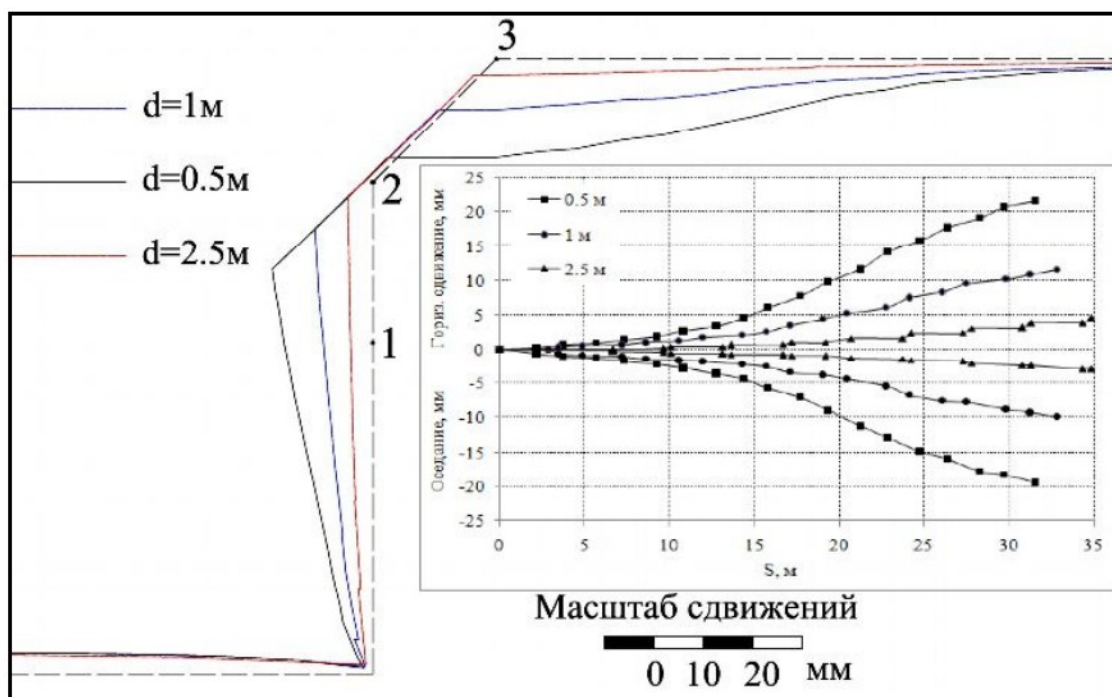


Рис.6. Влияние расстояния между трещинами на сдвижения откоса

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

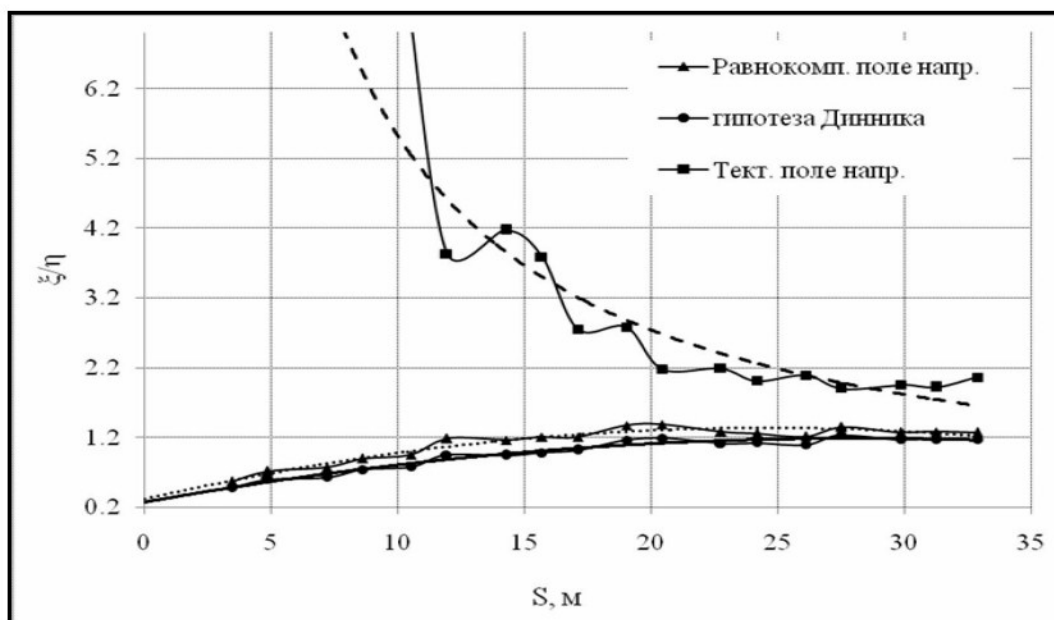


Рис.7. Графики отношения горизонтальных сдвижений к оседаниям на земной поверхности для различных значений напряженного состояния массива

ВЫВОДЫ

1. Учет допредельной стадии деформирования скальных пород по системам трещин оказывает существенное влияние на величины сдвижений массива.

2. Для расчета сдвижений земной поверхности и горного массива на малых глубинах необходимо использовать нелинейные критерии разрушения горных пород. В практических расчетах целесообразно применять критерий разрушения Джагера, т.к. в нем используются традиционные характеристики прочности горных пород, получаемые при инженерно-геологических изысканиях.

3. В результате тестовых расчетов сдвижений пород строительного котлована установлено следующее: наибольшее влияние на процесс сдвижения оказывают исходное напряженное состояние и модуль упругости массива, а также параметры трещиноватости и прочностные свойства контактов.

Литература

1. Jing L., Stephansson O. *Fundamentals of Discrete Element Methods for Rock Engineering*. - Elsevier Science, 2002. - 450 с.
2. Itasca (2007). *Itasca Software Products - 3DEC*. Itasca Consulting Group Inc.: Minneapolis.
3. Erban, P.-J.: *Raumliche Finite-Element-Berechnungen an idealisierten Diskontinua unter Berücksichtigung des Scher- und Dilationsverhaltens von Trennflächen*. Veröffentlichungen des Institutes fuer Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Verkehrswasserbau der RWTH Aachen, Heft 14, 1986.
4. Leichnitz W. *Mechanische Eigenschaften von Felstrennflächen im direkten Scherversuch*. Veroeff. des Inst. fuer Bodenmechanik und Felsmechanik der TH Karlsruhe, Heft 89.-1981.
5. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г. *Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья*. - М.: Недра, 2007. - 486с.
6. Ашихмин С.Г. *Расчеты сдвижений и деформаций подрабатываемых скальных массивов рудных месторождений методом конечных элементов: Дис.... канд.тех.наук.* /Перм.гос.тех.ун-т. - Пермь, 1995 - 145 с.

Денис Владимирович Шустов, аспирант, ассистент Пермского национального исследовательского университета (ПНИПУ), тел.(342) 2198059

Господа руководители предприятий, НИИ, ГПИ и университетов!

Обращаемся к Вам с предложением о достойном освещении в журнале юбилейных и памятных дат в истории становления и развития возглавляемых Вами организаций, деятельности трудовых коллективов по развитию научно-технического прогресса и подъему производственного потенциала добывающих отраслей хозяйства, а также юбилеев Ваших сотрудников. Редакция готова издать тематический (специальный) выпуск журнала с Вашим творческим участием, взяв на себя журналистскую и фотоиллюстративную часть совместной работы.

Надеемся на Ваши встречные предложения.

Редакция «МВ»

ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СВЕДЕНИЙ ОБ ОСЕДАНИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ РАДАРНЫХ ДАННЫХ

Описаны основные принципы планирования интерферометрической радарной съемки и обработки полученных данных, позволяющие достигать наиболее точных и достоверных результатов определения вертикальных сдвижений земной поверхности. Высокая точность и надежность полученных результатов достигается за счет абсолютного исключения ошибок, связанных с влиянием разностей влажности и атмосферного давления на одной сцене и ошибок развертывания фаз. В качестве данных дистанционного зондирования использовались данные КА TerraSAR-X, которые были предоставлены Агентством научного сопровождения TerraSAR-X (Немецкого космического агентства), для Пермского национального исследовательского политехнического университета в рамках гранта 2011г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: радарная интерферометрия; оседания земной поверхности; обработка данных; интерферограмма; сцена; развертывание фазы.



Введение

Применение радарной интерферометрии как метода оценки оседаний земной поверхности на территории западных стран на сегодняшний день широко распространено. Множество факторов, касающихся, прежде всего, научно-технического потенциала за-

падных стран, позволили усовершенствовать данную методику и вывести ее на уровень, когда сама методика и результаты работ не требуют проверки. Развитию методики радарной интерферометрии и развитию ее применения служили такие факторы, как высокая доступность для пользователя данных радиолокационного зондирования (обусловленная национальными космическими программами) и относительно благоприятные климатические условия производства данного вида работ (к которым относится большая протяженность бесснежного сезона, неплотная облачность, большая площадь твердотельных объектов).

Использование радарного интерферометрического мониторинга процессов сдвижений на территории России с прямым проецированием западной методики давало ненадежные и не всегда достоверные результаты при определении оседаний земной поверхности. В данной статье приведены рекомендации по производству радарного мониторинга на объектах территории Российской Федерации, опирающиеся на теоретические основы интерферометрической обработки радарных данных и на положительные результаты, полученные автором в ходе ее опробования.

Особенности применения радарного мониторинга на объектах территории России

Особенности использования методики радарной интерферометрии на территории России относительно территории США или Европы имеют отрицательный характер. Особенности могут быть разделены на экономическо-организационные и объективные.

Первая категория особенностей связана, прежде всего, с отсутствием коммерческого Российского космического аппарата (КА) с радарной апертурой и точной повторной орбитой. В связи с этим приобретение данных радиолокационного зондирования зарубежных КА на сегодняшний день в России связано

с высокой стоимостью данных. Применение данного метода с этой точки зрения, например, для небольшого города, где имеются проблемы с образованием деформаций техногенного характера, становится экономически необоснованно.

Объективные особенности использования радарной интерферометрии на территории России касаются временных ограничений и пространственных. Временные ограничения связаны, во-первых, с сезонностью интерферометрического мониторинга (съемка производится в бесснежный период времени, который на территории России во многих регионах, где требуется его применение, равен нескольким месяцам), во-вторых, с потерей когерентности, связанной с быстрой изменчивостью растительного покрова. Пространственные ограничения связаны с необходимостью мониторинга больших территорий, на которых присутствует довольно малое количество отражателей, способных объективно отражать изменение пространственного положения земной поверхности. Большая часть месторождений углеводородов, для которых требуется производство мониторинга процессов оседаний, на территории России находятся в областях, покрытых нетвердыми отражающими телами – растительностью (тайга и болота умеренно-континентального климата, тундра субарктического климата). Еще одна особенность заключается в постоянном сильном влиянии неоднородности задержки фазы на сцене, связанной, прежде всего, с облачностью, которая, как правило, на большей территории России довольно частое явление.

Исходя из перечисленных объективных особенностей, для производства мониторинга процессов оседаний на объектах территории России можно дать следующие рекомендации. В зонах умеренно-континентального климата обработка результатов радарного интерферометрического мониторинга может осуществляться только с помощью методики точечного анализа [1]. Радарный мониторинг должен носить сезонный характер. Производство радарной съемки в периоды окончания или начала снежного сезона должны сопоставляться с картами снежного покрова. Определение оседаний земной поверхности при связи данных двух сезонов съемки может осуществляться только в случае, если переходная интерферограмма (созданная на основе последней сцены предыдущего сезона и первой сцены последующего)

не будет содержать в себе риски неверного развертывания фазы, то есть иметь достаточную плотность точек или содержать небольшие ожидаемые оседания. Интервал съемки в сезоне должен рассчитываться с учетом исключения риска неверного развертывания фазы интерферограммы и с учетом сохранности и объективной стабильности точек отражателей на протяжении интервала. Исключение атмосферного влияния может достигаться за счет использования избыточного количества исходных сцен. Так для X-диапазона (данный диапазон наиболее подвержен влиянию атмосферы [2]) КА TerraSAR-X рекомендуется использовать не менее 13-15 исходных сцен для достоверной оценки процессов оседаний территории.

Особенности использования точечного анализа

Для метода точечного анализа построение интерферограмм производится по парам корегистрованных сцен в выделенных точках. Точки для анализа должны иметь стабильное положение для достижения наивысшей достоверности определения оседаний. В качестве точек для анализа отбираются зоны капитальной застройки, естественные скальные обнажения, дополнительно установленные (капитально) уголкового отражатели (рефлекторы). Автоматически точки на наборе корегистрованных сцен выбираются за счет варьирования двух характеристик: спектральной и характеристики интенсивности. При выделении точек с помощью варьирования спектральных характеристик точки выделяются на основе отношения спекла в точке к ее значению. Отношение спекла к сигналу на всех сценах должно быть одинаковым в пределах установленного допуска. При выделении точек по интенсивной характеристике устанавливается минимальное значение интенсивности точки. Количество общего набора точек, выбранных по двум параметрам, может достигать несколько десятков тысяч.

Развертывание фазы в интерферограмме осуществляется от опорной точки. Для возможности дальнейшего анализа точности для всех точек развернутой интерферограммы вводится поправка, равная исходному значению фазы в опорной точке с обратным знаком. Таким образом, во всех развернутых интерферограммах значение фазы в опорной точке будет равняться нулю. Фильтрация фазы при данном подходе недопустима.

Устранение ошибок, связанных с неточными данными о параметрах внешнего ориентирования КА, осуществляется в процессе статистической обработки карт оседаний. Неточный базис съемки оказывает влияние на карту оседаний, превращая ее вид из горизонтальной плоскости в наклонную. Такое влияние устраняется аффинным преобразованием карт оседаний на заключительном этапе (после анализа точности). Влияние неточных базисов на поправки за рельеф (при использовании ЦММ SRTM), как показали результаты работ автора, не имеет критических величин, их значения находятся в пределах 0,1 мм (при работе с большими сценами до 30*30 км данная ошибка может накапливаться от опорной точки и дос-

тигать значения 1-2 мм при работе с сильно выраженным рельефом).

Компоновка интерферограмм

Традиционно на основе ряда сцен интерферометрической съемки строятся интерферограммы по одному из трех принципов. Первый принцип, используемый при площадном анализе, основан на построении интерферограмм по парам сцен, которые удовлетворяют критериям максимального базиса и максимального (минимального) временного интервала. В этом случае максимальное количество интерферограмм на основе множества сцен может достигать значения, полученного по формуле 1, где n_s – количество исходных сцен:

$$n_i = 0,5n_s(n_s-1). \quad (1)$$

Так, при использовании, к примеру, 15 исходных сцен возможно получение 105 интерферограмм, если ограничения по базису и времени отсутствуют. Такой подход, когда на основе небольшого количества исходных данных строится большое количество интерферограмм, позволяет избежать ошибки, связанные с влиянием атмосферы и развертыванием фазы, свести к минимуму. Естественно, чем больше будет построено интерферограмм, тем точнее будет определена карта оседаний за период. Процесс усреднения данных по такому принципу носит название *стэкинг* (stacking) [4]. Однако в реальных условиях не всегда удается построить избыточное количество интерферограмм на основе сцен для исключения ошибки развертывания фазы. Поэтому в условиях сезонности наблюдений, большой декорреляции и больших базисов КА, данный подход требует использования не 10-15 сцен для точного определения оседаний, а гораздо больше. К тому же, субъективно, оценка точности в точках производится только при помощи среднеквадратичного отклонения полученной усредненной интерферограммы от исходных. При работе с данными современных КА размер одной сцены может достигать несколько сотен мегапикселей. Ресурсы современных вычислительных машин, да и сами алгоритмы обработки, с трудом справляются с обработкой таких больших по объему данных, к тому же, если речь идет об обработке даже десятка интерферограмм, процесс получения карт оседаний может потребовать 3-5 дней работы компьютера. Оценить и исключить ошибку развертывания фазы при такой компоновке нельзя.

Второй традиционный принцип основан на построении интерферограмм относительно одной сцены (мастер-сцены). В этом случае количество интерферограмм меньше количества сцен на одну. Такая компоновка применяется, как правило, при точечном анализе. Ошибки, связанные с влиянием атмосферы, устраняются статистическим сглаживанием графика оседаний точки во времени. При оценке интенсивных оседаний, когда интерферограмма захватывает большой интервал, порядок фазы на точке может быть потерян из-за значительного превышения оседаний длины волны КА. Оценить и исключить ошибку

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

развертывания фазы при такой компоновке также нельзя, к тому же она будет увеличиваться на удалении второй сцены от мастер-сцены при развертывании интерферограммы.

Для оценки интенсивных оседаний, когда сезонные оседания могут в несколько раз превышать длину волны КА, используют мульти референтную компоновку [3]. В этом случае, если А, В, С, D и Е – это сцены, то строятся интерферограммы А-В, А-С, В-С, В-D, В-Е, С-D, С-Е, и т.д. То есть строятся интерферограммы ближайших сцен. Влияние атмосферы на сценах в этом случае уменьшается как при стакинге. Ошибка развертывания фазы может присутствовать, но вероятность ее возникновения будет сведена к минимуму. Так же при таком подходе невозможно установление точной величины остатков фаз, отнесенных к атмосферному влиянию, так как их значения становится заниженным.

Для точного установления атмосферного влияния в каждой сцене автором в процессе его работы был реализован другой подход к компоновке интерферограмм. На основе набора сцен интерферограммы строились строго последовательно от предыдущей сцены к последующей. Например, если А, В, С и D – это сцены, то строились следующие интерферограммы: А-В, В-С, С-D (рис.1).

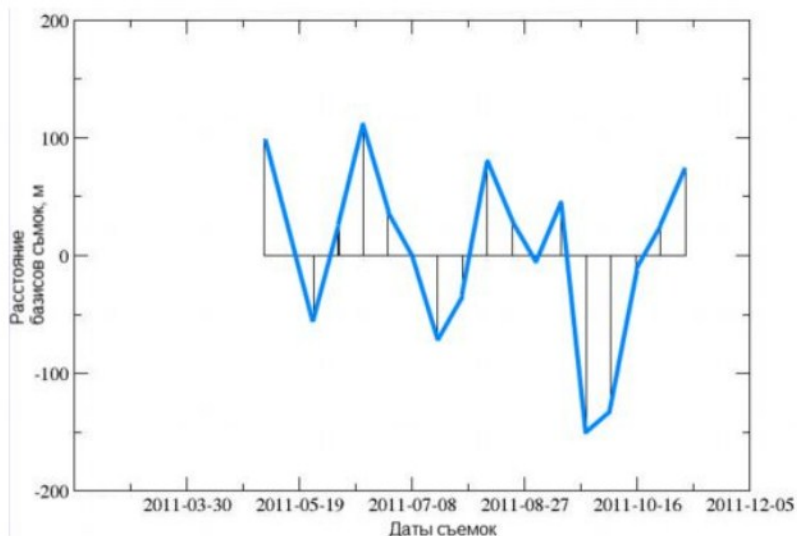


Рис.1. Диаграмма базисов сцен.

Синим цветом показана цепочка интерферограмм

На рис.1 представлена диаграмма базисов сцен TerraSAR-X при обработке данных на территории г.Соликамска. Такой строго последовательный принцип построения интерферограмм позволил получить достаточную информацию для оценки процессов оседаний. Атмосферное влияние на сценах при таком построении интерферограмм будет компенсироваться от интерферограммы к интерферограмме. Если на сцене В в определенной точке влияние атмосферы на момент съемки составило величину $\Delta\varphi_{AB}$, то при сложении значений оседаний интерферограмм А-В и В-С, значение $\Delta\varphi_{AB}$ самоликвидируется (2), так как ее значение будет включено в обе интерферограммы:

$$\begin{aligned} \Delta h_{(A-C)} &= \Delta h_{(A-B)} + \Delta\varphi_{AB} + \Delta h_{(B-C)} - \Delta\varphi_{AB} = \\ &= \Delta h_{(A-B)} + \Delta h_{(B-C)}. \end{aligned} \quad (2)$$

В конечном расчете проблему представляют только остаточные фазы первой и последней сцены. При интерпретации данных об оседаниях в точках, при помощи установленного тренда оседаний, остаточные фазы определяются достаточно точно для каждой сцены. Карты остаточных фаз могут сопоставляться с метеорологическими картами облачности на момент съемок. Однако исследования по установлению корреляции между интенсивностью изображений облачности (или влажности) и задержкой фазы на сцене не могут быть успешными по причине ограниченной информативности карт облачности, когда невозможно точное установление толщины облачности и разности атмосферного давления на сцене.

Строго последовательный принцип построения интерферограмм позволяет исключить ошибку за атмосферное влияние и снизить ошибку развертывания фазы. Проблема развертывания фазы может быть решена дополнительным образом, описанным в следующем разделе.

Исключение ошибки развертывания фазы при интерферометрической обработке радарных данных

На объектах, где интенсивность процессов оседаний может быть надежно определена с использованием не минимального интервала, а двух, трех или четырех интервалов, при наличии данных с минимальным интервалом съемки, возможно построение двух и более последовательных цепочек интерферограмм (рис.2).

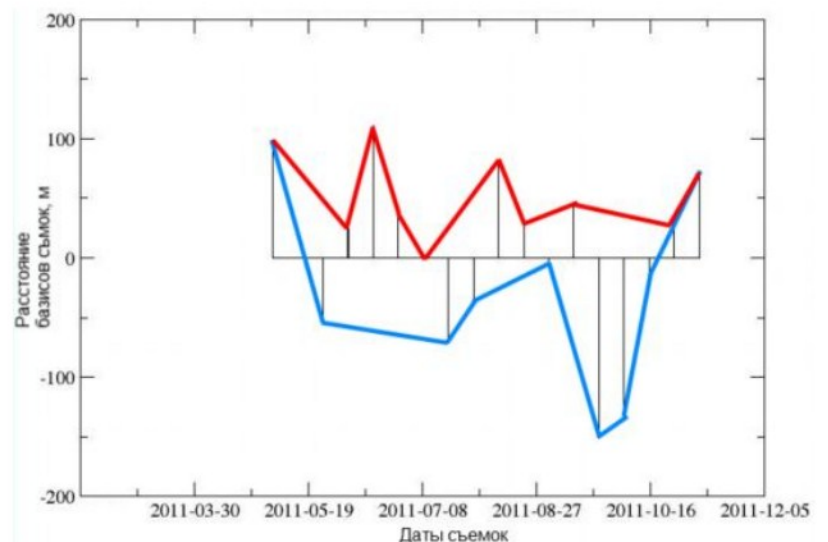


Рис.2. Диаграмма базисов сцен.

Синим и красным цветами показаны независимые цепочки интерферограмм

Применение такого принципа построения интерферограмм сохраняет достоинство, касающееся исключения ошибки за атмосферное влияние, а также позволяет оценить ошибку развертывания фаз в интерферограммах. Независимое суммирование двух последовательностей данных о превышениях при отсутствии ошибок развертывания фазы даст одинаковое значение величины оседаний в точке за полный период, если в качестве начальной и конечной сцены использовались данные одних сцен для двух решений. То есть суммирование превышений в точке от

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

сцены 03.05.2011 по последовательности, отмеченной синим цветом на рис.2, даст накопленное значение оседаний 06.11.2011 точно такое же, как и при суммировании оседаний по последовательности, отмеченной красным цветом на рис.2 в той же точке.

При оценке неинтенсивных оседаний и наличии избыточного количества исходных сцен возможно построение не только двух, но и трех цепочек интерферограмм, в этом случае будет достигнут избыточный контроль развертывания фазы. Требования к цепочкам интерферограмм заключаются в том, что они должны иметь общие конечные сцены и не должны иметь общих промежуточных сцен (чтобы не допустить одинаково неверного развертывания фазы двух цепочек), они должны иметь максимально допустимый интервал (для оценки оседаний в малых областях) и минимально возможный базис. При этом требование к достижению минимального базиса при данном подходе достигается довольно просто. Использование не одной цепочки, а двух предоставляет некоторую свободу по обходу проблемы больших базисов при последовательной съемке.

В качестве примера применения методики приведена работа по оценке оседаний земной поверхности на территории Астраханского газоконденсатного месторождения с использованием 18 сцен TerraSAR-X и TanDEM-X. В данной работе были использованы решения трех цепочек интерферограмм. На основе полученных среднеквадратичных невязок при суммировании трех последовательностей была получена карта невязок решений (рис.4). По такой карте можно было легко отсеять точки с большими невязками, обусловленными ошибкой развертывания фазы. На рис.3 представлена гистограмма невязок первых точек.

Как видно из гистограммы, значения невязок в точках кратны величине 2,8 мм. Такое значение вно-

сит ошибка развертывания фазы на сцене на π длины волны при делении результата на три решения. Значения ошибок меньших величин носят систематический характер, обусловленный точностью работы аппаратуры, погрешностями, связанными с фокусировкой радарных данных. Среднее значение невязки составило 2,4 мм. Для дальнейшего расчета отсекались точки с невязкой более 2,3 мм, что дало возможность сделать вывод о точности полученных данных в пределах этой величины. Распределение невязки на карте представлено на рис.4.

Интересная особенность распределения невязки в плане от опорной точки заключается в том, что ее изменение происходит только по направлению – азимут. Для данных условий решения, накопление невязки по азимуту происходит с прибавлением 1 мм на 2000 точек. Данные невязки обусловлены ошибками азимутального сжатия изображения. Так, если выделить точки с невязками, стремящимися к нулю, то будет выделена прямая линия, проходящая через опорную точку по направлению дальности съемки.

Выводы из полученных результатов заключаются в том, что оценивать и исключать ошибку развертывания фазы возможно при использовании подхода двух независимых строго последовательных решений. Ошибка развертывания фазы зависит от систематической ошибки азимутального сжатия, которая, в свою очередь, накапливается по мере удаления точек от опорной и в некоторый момент может равняться π длины волны. Поэтому для исследования оседаний на больших территориях (размер сцены по азимуту более 8 тыс. пикс.) автором рекомендуется использовать фрагментацию сцен с соответствующим переносом опорной точки.

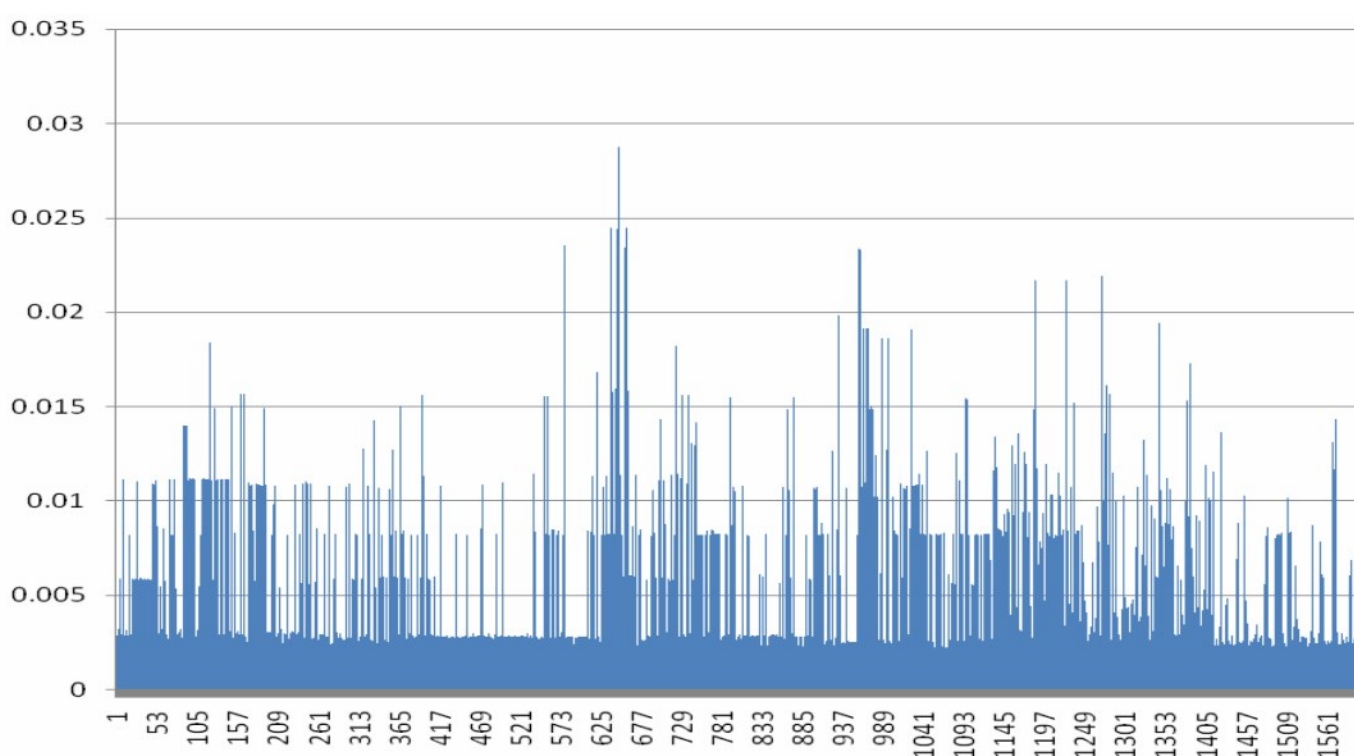


Рис.3. Среднеквадратичные невязки в точках, обусловленные ошибкой развертывания фазы (значения в метрах)

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

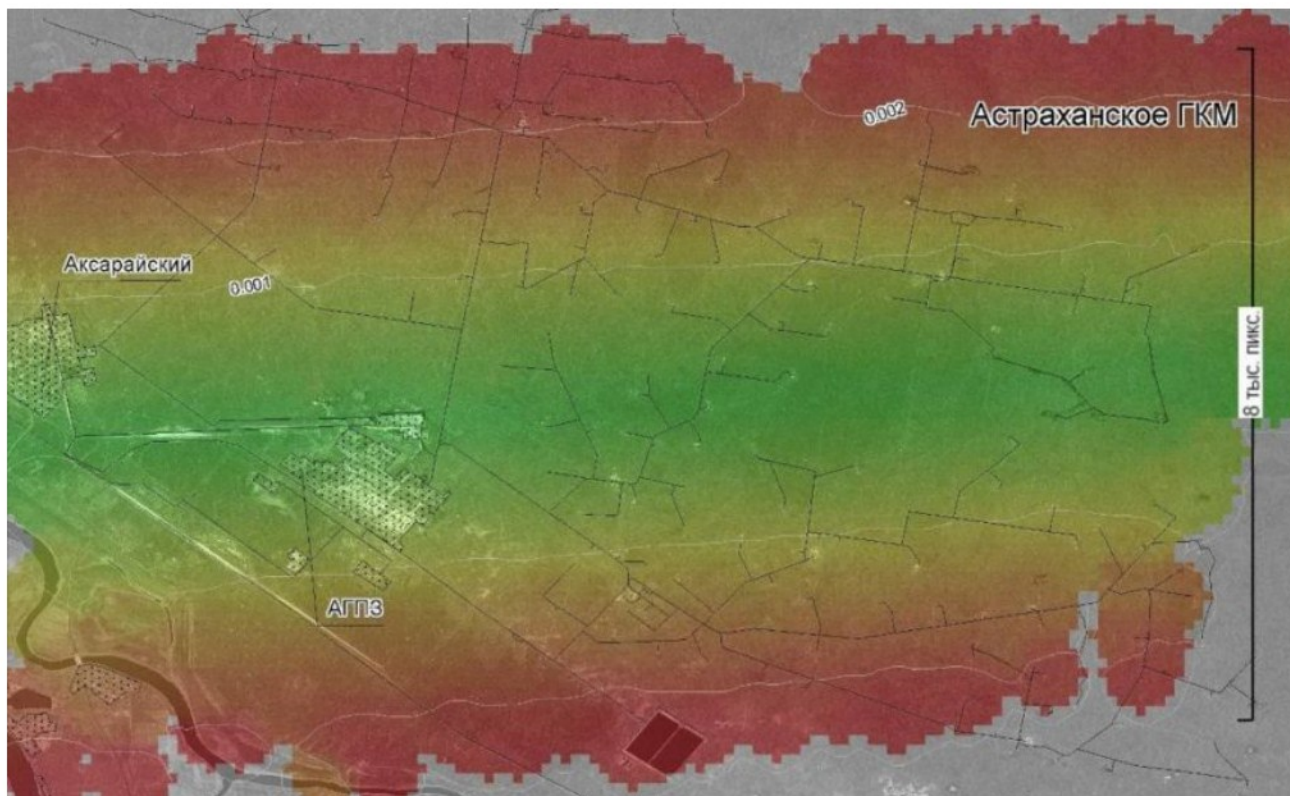


Рис.4. Распределение невязок решений в плане (значения в метрах).
Опорная точка находится на территории АГПЗ

Интерпретация графиков оседаний в точках

Графики оседаний в точках могут интерпретироваться различными аппроксимированными кривыми, так как первоначальные графики содержат грубые ошибки, обусловленные влиянием атмосферы. Линейная регрессия позволяет оценить оседания при количестве исходных данных от 5 до 15 довольно надежно, однако проследить изменение скоростей процессов оседаний будет в этом случае невозможно. Применение полиномиальных кривых, в качестве аппроксимированной кривой изменения положения точки во времени, позволяет выявить изменение скоростей процессов оседаний, а также производить прогноз поведения оседаний земной поверхности. Однако данная аппроксимация требует применения сложного математического аппарата, особенно когда речь идет о десятках тысяч различных уравнений. Наиболее простой метод аппроксимации заключается в линейной фильтрации графиков оседаний. Использование линейной фильтрации позволяет оценить изменения скоростей процессов оседаний во времени и получить наиболее надежные результаты. Минимальное количество сцен в этом случае должно быть 20, окно фильтрации рекомендуется брать с размахом 9 (по 4 вперед и назад) [3].

Ошибки интерпретации оседаний в любом случае не могут быть устранены полностью и будут присутствовать на каждой сцене, включаясь в остаточные фазы сцен. Их значения будут носить систематический характер.

Результаты опробования метода

Точность полученных результатов можно оценивать субъективно и объективно. Субъективная точность – точность получения сведений об оседаниях земной поверхности, оцениваемая среднеквадратичным отклонением (или невязкой) результатов статисти-

стической обработки только радарных данных. Объективная точность – точность получения сведений об оседаниях земной поверхности, оцениваемая среднеквадратичным отклонением (или коэффициентом корреляции) результатов статистической обработки радарных данных от результатов наземных наблюдений одного и того же наблюдаемого линейного объекта.

При субъективной оценке точности определения оседаний земной поверхности методом радарной интерферометрии использовалась среднеквадратичная невязка (для трех решений), или просто невязка решений (для двух решений), которая позволяет оценивать надежность произведенного интерферометрического анализа, исключая ошибку разворачивания фазы. Значение невязок решений может находиться в пределах 1 мм. Также к субъективной оценке точности можно отнести среднеквадратичное отклонение графиков оседаний от графиков аппроксимации. Эти отклонения будут содержать 70-90% задержки фазы, отличной от опорной точки, обусловленной разностью атмосферного состояния, и 30-10% ошибки интерпретации результата. Так же среднеквадратичные отклонения будут содержать ошибки, обусловленные влиянием гравитационных волн, неравным атмосферным давлением на разных высотах, шумом и т.д., но их значения будут еще более несущественными. В целом среднеквадратичные отклонения при использовании данных TerraSAR-X находились в пределах 1 см.

Объективно, результаты интерферометрического анализа можно оценить независимым методом – наземным нивелированием. Так для объекта исследований г.Соликамск вдоль одной нивелирной линии, где имелась наивысшая плотность отражателей, для точечного анализа было произведено сравнение результатов определения оседаний двумя независимыми методами (рис.5).

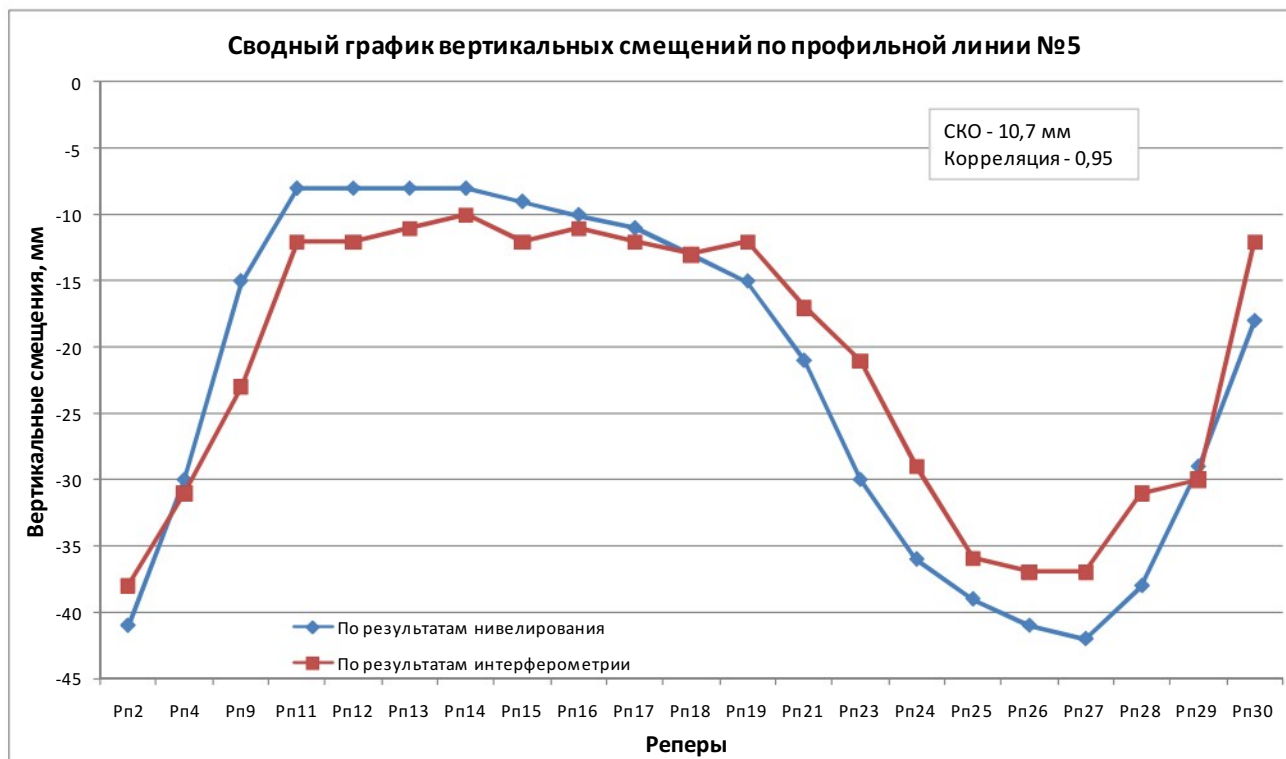


Рис. 5. Сводный график по профильной линии №5 в г. Соликамск по результатам нивелировки и радарного интерферометрического мониторинга за период с 2010 по 2011 гг.

Среднеквадратичное отклонение графиков составило 10,7 мм, что соответствует предъявленной субъективной точности в 1 см. Коэффициент корреляции данных двух графиков составил 0,95, что может свидетельствовать о высокой достоверности полученных данных.

Заклучение

Использование радарной интерферометрии на объектах территории России может иметь успех в случае правильного подхода к обработке данных. Преимущество данного вида мониторинга процессов оседаний заключается в возможности оценки большой территории. Однако сама территория исследований должна содержать надежные отражающие объекты, представленные в виде равномерной сети, которая бы позволила производить правильное развертывание фазы от точки к точке.

В данной статье рассмотрены основные принципы повышения качества интерферометрических расчетов. Использование описанного подхода при обработке радарных данных позволяет оценивать и исключать большие ошибки, связанные с атмосферным влиянием. Но, самое главное, при помощи данного подхода удалось оценить и исключить ошибки развертывания фазы, которые до сих пор не оценивались, а лишь уменьшалась вероятность их возникновения. При оценке грубых ошибок развертывания фазы теперь нет необходимости проверять данные при помощи наземных инструментальных наблюдений, потому как сами данные радиолокационного зондирования становятся инструментом самоконтроля интерферометрического точечного анализа.

Принцип выявления оседаний методом точечного интерферометрического анализа со статистиче-

ской точки зрения обработки результатов (которая привычна для маркшейдерского дела) не несет ничего нового. Поэтому методика определения оседаний земной поверхности методом радарной интерферометрии может быть изложена прозрачно и однозначно. В то же время результаты по определению оседаний земной поверхности земли указанным методом могут иметь миллиметровую точность и почти абсолютную достоверность.

Признательность

Используемые исходные данные космического аппарата TerraSAR-X в данной работе были предоставлены Агентством научного сопровождения TerraSAR-X (Немецкого космического агентства) для Пермского национального исследовательского политехнического университета в рамках гранта 2011г: GEO_1081 и GEO_1108. Главный исследователь – Мусихин В.В.

Литература

1. ERS ASAR Integration in the Interferometric point target analysis. U. Wegmuller, C. Werner, T. Strozzi, and A. Wiesmann. Gamma Remote Sensing AG, Worbstrasse 225, CH-3073 Gumlingen, Switzerland, <http://www.gamma-rc.ch>, wegmuller@gamma-rc.ch.
2. A Review Over The Effects Of Atmosphere On InSAR Products. S. Adham Khiabani, M.J. Valadan Zouj, M.R. Mobasheri, M. Dehghani, M. Varshosaz. Geodesy and Geomatics Engineering Faculty, K.N. Toosi University, No. 1346, Vali_Asr St., Tehran, Iran, Postcode: 1996715433.
3. Nonuniform Ground Motion Monitoring With TerraSAR-X Persistent Scatter Interferometry. Urs Wegmuller, Diana Walter, Volker Spreckels, Charles L. Werner, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 48, no. 2, February 2010.
4. ESA TM-19, InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. Noordwijk: ESTEC, 2007.

Василий Владимирович Мусихин, инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем ПГТУ, тел. (342) 2198321

В.Н.Калмыков, М.В.Рыльникова, О.В.Петрова, Т.П.Плесовских

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ УЧАСТКА НЕДР*

*Исследования выполняются при поддержке Минобрнауки России (ГК 16.515.11.5065)

В свете тенденций ужесточения требований экологического законодательства, а также потребности современного развития промышленности России в части снижения негативного воздействия на окружающую среду все образующиеся техногенные георесурсы должны подлежать полезному использованию и утилизации. Использование новых критериев оценки функционирования горнотехнических систем позволит уйти от стратегии «ликвидации накопленного экологического ущерба» к принципиально новому подходу проектирования горного производства, обуславливающего стратегию предотвращения возможных экологических последствий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эколого-экономическая оценка; некондиционное сырье; отходы; активная утилизация.

В настоящее время действующие нормы технологического проектирования нуждаются в актуализации в связи с изменениями в современных условиях требований к интенсивному, экологически безопасному освоению недр для обеспечения устойчивого развития горнотехнической системы в долгосрочной перспективе. Это базируется на удовлетворении все возрастающих экономических потребностей общества в минеральных ресурсах при минимизации воздействия горных технологий на окружающую среду. Причем, вопросам экологической безопасности, которые в настоящее время в силу специфики горного производства тесно связаны с вопросами промышленной безопасности, уделяется все более пристальное внимание общественности.

Современные требования к комплексному освоению недр предусматривают совокупное наличие двух неотъемлемых условий – безотходное (малоотходное) использование всех вовлекаемых в ходе освоения участка недр георесурсов и извлечение их рациональным сочетанием технологических процессов и оборудования различных способов добычи.

Наряду с этим, раздел «Охрана окружающей среды» в составе проектной документации опасного производственного объекта (горные производства) выполняется на заключительной стадии проектирования, когда основные технологические решения уже приняты, что делает оценку экологической безопасности весьма формальной. В результате экологический фактор при обосновании основных проектных технологических решений по освоению недр России не является первостепенным. Тогда как в странах Европы практика горного проектирования неразрывно связана с постоянно ужесточающимися экологическими требованиями общества.

При выборе стратегии устойчивого развития горнотехнических систем важным критерием эффективности при проектировании является минимизация воздействия горного производства на окружающую среду. Это определяет необходимость внесения соответствующих изменений в нормы технологического проектирования.

Руководство принятыми нормами и методами проектирования ведет к дальнейшему ухудшению экологической ситуации в горнодобывающих регионах. В результате нерационального размещения от-

ходов зачастую невозможна выемка запасов, отнесенных ранее к некондиционным. Вместе с тем, близость расположения горных производств к населенным пунктам обуславливает нехватку земельных площадей под складирование вновь образующихся отходов. Хвостохранилища и отвалы занимают значительные площади. Так, на Южном Урале в настоящее время площади по отводу земли под хвостохранилища составляют более 503,7га, а площади под отвалы - более 1232га и имеют устойчивую тенденцию к увеличению. Земельные отводы должны устанавливаться с перспективой развития всей совокупности смежных производств. Для снижения экологических последствий необходимо на стадии проектирования решать вопрос максимального совмещения в пространстве и во времени технологических процессов всех подсистем горного производства.

В целях интенсивного, экологически безопасного освоения недр при проектировании горнотехнической системы следует руководствоваться следующими основными принципами:

- наиболее полное использование выработанных пространств, карьеров и шахт, а также техногенных ландшафтов;
- применение для вскрытия запасов ранее пройденных открытых и подземных выработок;
- эффективное использование для размещения отходов выработанных пространств с целью рекультивации поверхности;
- активная утилизация отходов горнообогатительного производства с предварительным доизвлечением широкого спектра полезных компонентов методами физико-технической геотехнологии;
- максимальное совмещение площадей, изъятых из сельскохозяйственных угодий под земельные и горные отвалы различного назначения;
- сокращение площадей, занятых под отвалы и хвостохранилища, за счет использования пород и отходов обогащения в качестве складочного материала;
- создание на обогатительной фабрике передела по фильтрации пульпы хвостов обогащения для организации оборотного водоснабжения фабрики и закачки избытка активных осветленных вод (рассолов) в подземные горизонты по скважинам, а также образования возможного сухого складирования обез-

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

воженных хвостов в выработанном пространстве рудника;

- оптимизация высоты и формы отвалов.

Оценку и разработку мероприятий, направленных на минимизацию воздействия экологического ущерба на окружающую среду, необходимо производить на начальной стадии проектирования при выборе геотехнологической стратегии развития горнотехнической системы. Основные принципы и методы оценки экологичности горнотехнических систем комплексного освоения недр комбинированной геотехно-

логией основываются на качественном и количественном учете всех видов негативных воздействий на элементы окружающей природной среды и последствий экологического ущерба каждого геотехнологического модуля (табл.1). Количественные характеристики уровня экологического воздействия позволяют сопоставлять различные технические решения, осуществлять выбор оптимальных и проектировать горнотехнические системы с обоснованием минимального, заранее определенного и допустимого уровня воздействия на окружающую среду (ОС).

Таблица 1

Воздействие горнотехнической системы на окружающую природную среду

Подсистемы горнотехнической системы		Вид воздействия на ОС	Последствия экологических факторов
Открытая разработка (Карьер)	Вскрытие месторождения	- пылеобразование;	- снижение ценности техногенных георесурсов (отвальных пород, открытого выработанного пространства); - накопление значительных объемов отходов (вскрышные породы); - образование выработанного карьерного пространства; - снижение устойчивости бортов карьера.
	Эксплуатационные горные работы (очистные)	- нарушение земной поверхности;	
	Складирование бедных руд и вскрышных пород	- образование отвальных вод;	
	Воспроизводство георесурсов	- размещение вскрышных пород на поверхности;	
Подземная разработка (Шахта)	Вскрытие месторождения	- нарушение гидрологического режима подземных вод;	- образование выработанного подземного пространства; - снижение устойчивости подземных выработок.
	Подготовка месторождения к очистной выемке	- сдвигание подработанного массива;	
	Очистная выемка (эксплуатационные работы)	- ухудшение почвенного слоя.	
	Транспорт, складирование полезных ископаемых и пород	- пылеобразование;	
Физико-химическая геотехнология	Кучное выщелачивание	- нарушение земной поверхности;	- образование выработанного подземного пространства; - снижение устойчивости подземных выработок.
	Скважинное выщелачивание	- образование шахтных вод;	
	Шахтное выщелачивание	- формирование отвалов пород;	
Обогатительная фабрика	Передел по фильтрации пульпы	- образование пустот в недрах и провалов на поверхности;	- снижение ценности техногенных георесурсов (отвалов, хвостов, отсева РРС); - накопление значительных объемов отходов (отходы выщелачивания).
		- нарушение гидрологического режима подземных вод;	
Гидрометаллургический передел		- сдвигание подработанного массива;	- образование хвостохранилища.
		- формирование провалов при погашении пустот.	
Гидрометаллургический передел		- сокращение площадей поверхности (строительство полигонов; формирование штабелей; оборудование поверхности);	- образование хвостохранилища.
		- загрязнение водного бассейна.	
Гидрометаллургический передел		- пылеобразование;	- образование хвостохранилища.
		- загрязнение водного бассейна.	

Выбор сочетаний геотехнологических модулей при обосновании рационального варианта горнотехнической системы, обеспечивающего экологически безопасное освоение участка недр, предлагается осуществляться на основе расчета комплексного критерия экологичности:

$$K_{экол} = \frac{K_{ц} \cdot \sum_{i=1}^n K_{эко}^i + K_{об} \cdot \sum_{i=1}^n K_{эко}^i + K_{пр} \cdot \sum_{i=1}^n K_{эко}^i + K_{зем} \cdot \sum_{i=1}^n K_{эко}^i + K_{ути} \cdot \sum_{i=1}^n K_{эко}^i + K_{вод} \cdot \sum_{i=1}^n K_{эко}^i + K_{н} \cdot \sum_{i=1}^n K_{эко}^i}{\sum_j} \rightarrow 1 \quad (1)$$

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

где j – количество учитываемых показателей экологичности; $K_{\text{знач}}$ – коэффициент значимости негативного воздействия на ОС i -ой подсистемы горнотехнической системы; $K_{\text{ц}}$ – коэффициент снижения ценности полезных компонентов; $K_{\text{заб}}$ – коэффициент вовлечения в отработку забалансовых запасов; $K_{\text{пр.}}$ – коэффициент полезного использования выработанных пространств горно-обогатительного производства; $K_{\text{зем.}}$ – коэффициент использования земельного отвода; $K_{\text{утил.}}$ – коэффициент утилизации отходов; $K_{\text{вод}}$ – коэффициент использования промышленных вод; $K_{\text{н}}$ – коэффициент полноты использования недр.

Комплексный критерий экологичности горного производства основан на учете показателей:

- снижения извлекаемой ценности техногенных георесурсов;
- степени вовлечения в отработку забалансовых запасов;
- степени полезного использования выработанных пространств горно-обогатительного производства;
- степени использования земельного отвода;
- степени полноты использования недр;
- степени утилизации отходов и использования промышленных вод и газов.

Показатели оценки могут быть как единичными, так и составными (комплексными). Ввиду большого разнообразия горнотехнических систем и различного уровня их воздействия на элементы окружающей природной среды информацию об экологичности горнотехнической системы в целом можно получить путем расчета индикаторов (коэффициентов). Простое суммирование физических параметров: использование земельного отвода, количество выброшенных в атмосферу веществ, изъятия земель и т.д., не корректно по причине их разнокачественности. Решение проблемы сопоставимости возможно путем использования коэффициентов значимости каждой подсистемы горнотехнической системы в зависимости от уровня ее экологического воздействия на элементы окружающей природной среды.

Коэффициент экологической значимости i -ой подсистемы горнотехнической системы определяется через оценку негативного воздействия на окружающую природную среду по известной методике:

$$K_{\text{знач}}^i = \frac{\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{возд.}}}{\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{возд.}}} \times \frac{\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{вод.}}}{\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{вод.}}} \times \frac{\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{земля}}}{\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{земля}}} \times \frac{\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{отходы}}}{\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{отходы}}}, \quad (2)$$

где $\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{возд.}}$ – суммарный экологический ущерб от негативного воздействия на окружающую природную среду g -го экологического фактора воздушного бассейна, руб.; $\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{вод.}}$ – суммарный экологический

ущерб от негативного воздействия на окружающую природную среду g -го экологического фактора водно-

го бассейна, руб.; $\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{земля}}$ – суммарный экологический

ущерб от негативного воздействия на окружающую природную среду g -го экологического фактора

земли, почвы, руб.; $\sum_{g=1}^m \gamma_g^{\text{отходы}}$ – суммарный экологи-

ческий ущерб от негативного воздействия на окружающую природную среду g -го экологического фактора

отходов, руб.; $\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{возд.}}$ – экологический ущерб горнотехнической системы от негативного воздействия

на окружающую природную среду воздушного бассейна, руб.; $\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{вод.}}$ – экологический ущерб горнотехни-

ческой системы от негативного воздействия на окружающую природную среду водного бассейна, руб.;

$\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{земля}}$ – экологический ущерб горнотехнической системы от негативного воздействия на окружающую

природную среду земли, почвы, руб.; $\gamma_{\text{ГТС}}^{\text{отходы}}$ – экологи-

ческий ущерб горнотехнической системы от негативного воздействия на окружающую природную сре-

ду отходов, руб.

Снижение извлекаемой ценности техногенных георесурсов обусловлено миграцией ценных компонентов в результате эрозии, выветривания, выщелачивания при хранении техногенного сырья и рассчитывается по видам отходов, образующихся в результате функционирования горнотехнической системы. Коэффициент снижения извлекаемой ценности техногенных георесурсов представляет собой отношение текущей извлекаемой ценности складированных отходов к базовой (теоретической) ценности формируемого техногенного сырья:

$$K_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{\text{изв.}}^{\text{тек}}}{C_{\text{изв.}}^{\text{баз}}} \cdot \frac{V_{\text{тек}}}{V_{\text{общ}}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{изв.}}^{\text{тек}}$, $C_{\text{изв.}}^{\text{баз}}$ – соответственно текущая и базовая

извлекаемая ценность техногенных георесурсов; $V_{\text{тек}}$ – текущий объем техногенных георесурсов, м³;

$V_{\text{общ}}$ – общий объем техногенных георесурсов, м³.

$$C_{\text{изв.}}^{\text{тек}} = \sum_{i=1}^n C_i^{\text{тек}} \cdot \varepsilon_{mi} \cdot C_{\text{н.к.}} \cdot k_{\text{§}}; \quad (4)$$

$$C_{\text{изв.}}^{\text{баз}} = \sum_{i=1}^n C_i^{\text{баз}} \cdot \varepsilon_{mi} \cdot C_{\text{н.к.}} \cdot k_{\text{§}}, \quad (5)$$

где $C_i^{\text{тек}}$, $C_i^{\text{баз}}$ – содержание i -го металла в текущих

техногенных георесурсах, %; $C_{\text{н.к.}}$ – отпускные цены

i -го металла в конечной продукции, руб/т; ε_{mi} – извлечение

i -го металла при переработке техногенных георесурсов, доли ед.; n – число извлекаемых полезных

компонентов; $k_{\text{§}}$ – курс доллара, руб.

К забалансовым относятся запасы полезных ископаемых, которые из-за их малого количества, низкого качества, сложных условий эксплуатации или переработки в базовом проекте не вовлекаются в

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

разработку, но в дальнейшем при появлении соответствующих технологий могут явиться объектом промышленного использования. Критерием отнесения запасов к забалансовым являются кондиции на минеральное сырье, которые с течением времени имеют тенденцию к снижению. Следует отметить, что в настоящее время при проектировании горнотехнических систем последующая отработка бедных руд и техногенного сырья не предусматривается, что приводит зачастую к технологической невозможности и (или), как следствие, экономической нецелесообразности их отработки в будущем при изменении требований к качеству вовлекаемого в эксплуатацию техногенного сырья.

Анализ технологической возможности вовлечения на Южном Урале в эффективную отработку бедных руд и техногенного сырья, ранее отнесенных к забалансовым запасам, показал, что большинство потенциальных запасов из них безвозвратно потеряны. Вовлечение в отработку бедных и убогих руд, техногенного сырья возможно физико-химическими технологиями, а так же путем повторной разработки месторождения. Технологическая необходимость повторной отработки вызвана рядом объективных причин: отставанием темпов прироста разведанных минеральных ресурсов, ведущим к сокращению минерально-сырьевой базы отдельно горнодобывающих предприятий и страны в целом, относительно медленными темпами строительства и освоения новых ГОКов, что приводит к сокращению общих объемов добычи минерального сырья. Коэффициент вовлечения в отработку бедных, ранее некондиционных руд определяется как отношение объема вовлекаемых в разработку забалансовых запасов к общему их количеству:

$$K_{заб} = \frac{V_{вовл. в. пер.}}{V_{заб. з.}}, \quad (6)$$

где $V_{вовл. в. пер.}$ - объем (количество) забалансовых запасов, вовлекаемых в разработку, m^3 (т); $V_{заб. з.}$ - общий объем (количество) забалансовых запасов, m^3 (т).

В свете тенденций ужесточения требований экологического законодательства, а также потребности современного развития промышленности России в части снижения негативного воздействия на окружающую природную среду, все образующиеся техногенные георесурсы должны подлежать полезному использованию и утилизации. Коэффициент утилизации отходов (или коэффициент полноты использования техногенных георесурсов) представляет собой отношение количества утилизируемых техногенных георесурсов к общему объему техногенных отходов горно-обогатительного производства:

$$K_{утил} = \frac{V_{утил}}{V_{общ}}, \quad (7)$$

где $V_{утил}$ - объем (количество) утилизируемых отходов, m^3 (т); $V_{общ}$ - общий объем (количество) отходов, m^3 (т).

Немаловажным фактором оценки экологичности функционирования горнотехнических систем являются накопление значительного количества открытых и подземных выработанных пространств, которые тре-

буют постоянного мониторинга состояния и соответствующих затрат на поддержание их в безопасном состоянии. Вместе с тем, выработанные пространства рудников могут быть использованы в качестве хранилищ отходов, мест формирования техногенных месторождений, в иных целях. При этом параллельно осуществляется рекультивация карьеров, наряду с получением дополнительной экономической выгоды. Коэффициент полезного использования выработанного пространства горно-обогатительного производства определяется отношением объема используемых и рекультивируемых выработанных пространств к общему объему сформированных выработанных пространств горного предприятия:

$$K_{пр.} = \frac{V_{отх}^{выщ}}{V_{пир}^{пир} + V_{пир}^K}, \quad (8)$$

где $V_{отх}^{выщ}$ - объем отходов выщелачивания, $m^3/год$; $V_{пир}^{пир}$ - объем выработанного подземного пространства, $m^3/год$; $V_{пир}^K$ - объем выработанного открытого пространства, $m^3/год$.

Как правило, большинство горнодобывающих предприятий Южного Урала расположено вблизи жилых поселений, что предопределяет ограниченность используемых земельных ресурсов. В настоящее время земельные отводы практически полностью заполнены отходами добычи и переработки минерального сырья, что наносит значительный ущерб окружающей природной среде горнодобывающих регионов и остро ставит вопрос об изыскании новых площадей под складирование отходов, либо инновационных технологий утилизации техногенного сырья.

Коэффициент использования земельного отвода рассчитывается следующим образом:

$$K_{зем.} = \frac{S_{высвоб.}}{S_{общ}} = \frac{S_{общ.} - S_{пр.}}{S_{общ}}, \quad (9)$$

где $S_{высвоб.}$ - высвобождаемая площадь, га; $S_{общ}$ - общая площадь земельного отвода, га; $S_{пр.}$ - проектная площадь земельного отвода, га.

Использование промышленных вод в технологическом процессе будет целесообразно с экономической и экологической точек зрения. Коэффициент использования промышленных вод представляет собой отношение количества вовлекаемых во вторичное использования промышленных вод к общему объему промышленных вод и газов:

$$K_{вод} = \frac{V_{вовл. пр. вод}}{V_{пр. вод}}, \quad (10)$$

где $V_{вовл. пр. вод}$ - объем (количество) вовлекаемых во вторичное использование промышленных вод, m^3 (л); $V_{пр. вод}$ - общий объем (количество) промышленных вод, m^3 (л).

Коэффициент полноты использования недр:

$$K_n = Me_{извл. з.} / Me_{бал. з.}, \quad (11)$$

где $Me_{извл. з.}$ - количество извлеченного металла, тыс.т; $Me_{бал. з.}$ - количество металла в балансовых запасах месторождения, тыс.т.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Окончательный выбор варианта горнотехнической системы, обеспечивающей экологически безопасное освоение участка недр, производится на основе оценки эколого-экономической эффективности горнотехнических систем, близких по значению комплексного критерия экологичности:

$$K_{эфф} = \sum_{t=0}^T \frac{\sum_{i=1}^n C_{изв.}^{тек} \cdot Q + \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ОПС} + \mathcal{E}_{нр.р.} + \sum_{y=1}^w \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_{рек} - Z_{экс} - Z_{кап}}{(1+d)^t}, (12)$$

где $C_{изв.}^{тек}$ – извлекаемая ценность дополнительной товарной продукции, руб./т; Q – количество дополнительной товарной продукции, т; $\mathcal{E}_{ОПС}$ – экономия на платежах за негативное воздействие на окружающую природную среду по видам воздействия, млн.руб.; $\mathcal{E}_{нр.р.}$ – экономия на платежах за пользование природными ресурсами, млн.руб.; \mathcal{E}_p – экономия ресурсов, млн.руб.; $\mathcal{E}_{рек}$ – экономия на затратах по рекультивации, млн.руб.; $Z_{экс}$ – эксплуатационные затраты по вовлечению в разработку техногенных георесурсов, млн.руб.; $Z_{кап}$ – капитальные затраты на реализацию природоохранных мероприятий, млн.руб.; d – норма дисконтирования, доли ед.; $t=0...T$ – горизонт расчета, лет.

Реализация предложенной методики выбора варианта развития горнотехнической системы, обеспечивающего наибольший уровень экологичности ос-

воения участка недр, произведен для условий разработки месторождений Сибайской группы. Характеристики возможных вариантов развития горнотехнической системы освоения месторождений Сибайской группы представлены в табл.2. Базовый вариант развития горнотехнической системы наряду с традиционными технологиями отработки запасов предусматривает извлечение полезных компонентов из хвостов обогащения с последующим складированием отходов выщелачивания на поверхности. Отвалы пустых пород используются в качестве компонента закладочной смеси. Одним из вариантов развития базовой горнотехнической системы является извлечение полезных компонентов из хвостов обогащения и использование отходов выщелачивания наряду с породами отвалов в составе закладки. Второй вариант развития горнотехнической системы предусматривает по окончании выемки прибортовых запасов использование выработанного карьерного пространства для утилизации отходов выщелачивания.

Расчет коэффициентов экологической значимости горнотехнической системы освоения месторождений Сибайской группы, характеризующих уровень текущего и накопленного экологического ущерба окружающей среде, представлен в табл.3.

Таблица 2

Характеристика вариантов развития горнотехнических систем освоения месторождений Сибайской группы

Подсистемы горнотехнической системы	Характеристика вариантов развития горнотехнических систем освоения месторождений Сибайской группы		
	Базовый	Первый	Второй
	-	Высвобождаемая площадь земельного отвода: $S_{высвоб}=579,6$ га	Высвобождаемая площадь земельного отвода: $S_{высвоб}=647,6$ га
	Земельный отвод: $S_{общ} = 847,6$ га		
1 – карьер	Отработка основных запасов открытым способом, системами разработки с внешним отвалообразованием, $Q_{год} = 800$ тыс.т/год		
			Использование выработанного карьерного пространства для утилизации отходов выщелачивания хвостов обогащения, $V_{отк}=1,5$ млн.м ³ /год (заполняемый объем открытого выработанного пространства)
2 – отвал пустых пород	Использование в качестве закладочного материала, $Q=1,8$ млн.т/год		
3 – прибортовые запасы	Отработка не предусмотрена		Отработка прибортовых запасов, $Q=451231,2$ т
4 – подземный рудник	Доработка запасов нижних горизонтов карьера системами разработки с закладкой выработанного пространства, $Q_{год} = 1200$ тыс.т/год		
5 – хвостохранилище		Переработка хвостов с последующим складированием отходов выщелачивания на поверхности, $C_{леж}^{Ag}=1$ г/т; $C_{тек}^{Ag}=1,2$ г/т; $V_{тек}=4,0$ млн.т; $V_{леж}=4,5$ млн.т	Переработка хвостов с последующей утилизацией в выработанном подземном пространстве, $V_{подз}=1,2$ млн.м ³ /год
6 – отходы выщелачивания		Складирование на поверхности, $V_{выщ}=2,16$ млн.м ³ /год	Использование в составе закладки выработанного подземного пространства
		Общий объем отходов выщелачивания: $V_{выщ}=2,16$ млн.м ³ /год Общее количество отходов: $V_{общ} = 383,023$ млн.т	
7 – штабель выщелачивания		Извлечение Ag из хвостов; $\epsilon_{тек}=0,55$ доли.ед; $\epsilon_{леж}=0,5$ доли.ед; $\epsilon_{чан}=0,9$ доли.ед	Извлечение Ag из хвостов; $\epsilon_{тек}=0,55$ доли.ед; $\epsilon_{леж}=0,5$ доли.ед; $\epsilon_{чан}=0,9$ доли.ед
8 – закладочный комплекс	Использование пустых пород		Использование пустых пород и отходов выщелачивания
9 – забалансовые запасы	Отработка не предусмотрена		

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Таблица 3

Коэффициент экологической значимости *i*-ых подсистем горнотехнической системы освоения месторождений Сибайской группы

Подсистемы горнотехнической системы	Воздушный бассейн, дол.ед.	Содержание вредных веществ в водном бассейне, дол.ед.	Земля, почвы, дол.ед.	Отходы, дол.ед.	Среднее значение, дол.ед.
1 - карьер	0,4692198	0,1417620	0,198206701	-	0,161837334
2 – отвал пустых пород	0,0181703	0,0190247	0,115974516	0,594355624	0,149504688
3 – прибортовые запасы	-	-	-	-	0,07388874
4 – подземный рудник	0,4341596	0,8281813	0,385087305	-	0,329484898
5 - хвостохранилище	0,0132645	0,0033546	0,200212364	0,295972191	0,102560503
6 – отходы выщелачивания	0,0133364	0,0042665	0,057574328	0,109672185	0,036969796
7 – штабель выщелачивания	0,0045174	0,0022177	0,035394054	-	0,008425806
8 – забалансовые запасы	-	-	-	-	0,12611081
9 – закладочный комплекс	0,0473320	0,0012045	0,007550731	-	0,011217425
Суммарное воздействие:	1	1	1	1	1

Расчет комплексного критерия экологичности освоения запасов месторождений Сибайской группы произведен на основании показателей экологичности горнотехнической системы с учетом коэффициентов значимости каждой подсистемы. Полученные величины комплексного критерия экологичности возможных вариантов развития горнотехнической системы близки по своим значениям и составляют соответственно 0,45 и 0,47, (табл.4). Окончательный выбор варианта развития горнотехнической системы производится на основе оценки эколого-экономической эффективности, результаты расчета которой показали преимущество использования выработанного карьерного про-

странства для утилизации отходов выщелачивания. При этом переработка хвостов обогащения с доизвлечением ценных компонентов и последующей утилизацией отходов обеспечит получение дополнительной товарной продукции наряду со снижением отрицательного воздействия техногенного объекта на окружающую среду ($K_{эф} = 90,62$ млн.руб.). Размещение отходов горно-обогатительного производства в выработанном пространстве карьера, как реализация горнотехнической рекультивации, также будет способствовать экономической эффективности горнотехнической системы за счет сокращения затрат на рекультивацию.

Таблица 4

Результаты расчета комплексного критерия экологичности и эколого-экономической эффективности вариантов развития горнотехнической системы освоения запасов месторождений Сибайской группы

Вариант развития горнотехнической системы	Показатели экологичности горнотехнической системы						Комплексный критерий экологичности горнотехнической системы	Эколого-экономическая эффективность
	K_c	$K_{пр}$	$K_{зем}$	$K_{утил}$	$K_{вод}$	K_n		
- Базовый	0,71	0,61	0,83	0,39	0,57	0,83	0,38	-
- Первый	0,73	0,67	0,89	0,58	0,98	0,83	0,45	27,04
- Второй	0,85	0,74	0,97	0,61	0,98	0,83	0,47	90,62

Обоснование эколого-экономической эффективности освоения запасов на базе критерия экологичности горнотехнической системы позволяет определить стратегию развития горного производства, наиболее полно отвечающую требованиям экологической безопасности и рациональному использованию недр. Использование предлагаемых критериев оценки функционирования горнотехнических систем позволит уйти от стратегии «ликвидации накопленного экологического ущерба» к принципиально новому подходу проектирования горного производства с формированием обуславливающей стратегии пре-

дотвращения возможных экологических последствий на основе корпоративной социальной ответственности. Стимулированию горных предприятий к внедрению в производственный процесс природоохранных мероприятий будет способствовать совершенствованию нормативных документов, регламентирующих систему экологических платежей, базирующихся на принципах компенсационного характера, адекватного воздействию на окружающую среду, а также создание стимулирующих условий для реализации деятельности горных производств, направленных на ликвидацию накопленного экологического ущерба.

Вячеслав Николаевич Калмыков, проф., д.т.н., ген. директор ЗАО «Маггеоэксперт»; Марина Владимировна Рыльникова, проф., д.т.н., гл.н.с. ИПКОН РАН; Ольга Викторовна Петрова, к.т.н., доцент «ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И.Носова»; Татьяна Петровна Плесовских, аспирант ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова»

Е.А.Горбатова, Е.А.Пузанкова

АНАЛИЗ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ТЕКУЩИХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ КОЛЧЕДАНЫХ РУД ЮЖНОГО УРАЛА*

*Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России ГК 16.515.11.5065

Методами статистического моделирования проведена аппроксимация эмпирических кривых распределения дисперсного состава хвостов обогащения руд разных месторождений теоретическими законами. Критерием Пирсона подтверждена гипотеза о показательном распределении сгруппированного дисперсного состава хвостов обогащения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дисперсный состав; аппроксимация эмпирических кривых; закон логнормального и показательного распределения; формула Розина-Раммлера; критерий Пирсона.

На обогатительных фабриках Южного Урала перерабатывают колчеданные руды, отличающиеся вещественным составом, структурно-текстурными особенностями и физико-механическими свойствами. В результате обогатительного передела получают медные и цинковые концентраты. К отходам обогатительного производства относятся хвосты обогащения, содержащие цветные металлы и являющиеся потенциальным вторичным техногенным сырьем.

Одним из неперемных условий создания эффективной технологии переработки хвостов обогащения является выявление закономерностей распределения частиц отходов по их размерам. Наличие таких закономерностей позволяет аппроксимировать кривые распределения математическим выражением, дающим полное представление о дисперсности хвостов и позволяющим сравнивать характеристики хвостов обогащения колчеданных руд разных месторождений.

Гранулометрический состав хвостов обогащения колчеданных руд определялся методом лазерной дифракции (LALLS) с установлением дисперсности частиц в диапазоне от 0 до 2000 мкм.

Хвосты обогащения, состоящие из множества частиц, представляют собой статистическую выборку из генеральной совокупности. Размер частиц (δ_i) хвостов рассматривается как значения непрерывной случайной величины. Соответствие между наблюдаемыми вариантами δ_i и их частотами p_i является эмпирическим распределением случайной величины. Графически дисперсный состав хвостов обогащения представлен эмпирической функцией распределения $D(\delta)$ количества материала по размерам частиц и эмпирической плотностью вероятностного распределения $\varphi(\delta)$.

Аппроксимация эмпирических кривых предусматривает подбор теоретического закона распределения и нахождения соответствующих параметров выбранного распределения. Для статистической проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения теоретическому закону использовался критерий согласия Пирсона. Процедура проверки гипотез с использованием критериев типа χ^2 предусматривает группирование наблюдений. Область определения случайной величины разбивают на k непересекающихся интервалов граничными точками

$$\delta_0 < \delta_1 < \dots < \delta_{k-1} < \delta_k,$$

где x_0 - нижняя грань области определения случайной величины; δ_k - верхняя грань.

В соответствии с заданным разбиением подсчитывают число n_i выборочных значений, попавших в i -й интервал, и вероятности попадания в интервал, соот-

ветствующие теоретическому закону с функцией плотности.

Дифференциальная функция распределения (рис.1) частиц по их размерам в большинстве случаев имеет один хорошо выраженный максимум асимметричной формы с крутым спадом в сторону мелких частиц и пологим в сторону крупных.

Анализ кривых показывает:

- область распределения находится в границах $1 < d < 520$ мкм;
- распределение имеет «тах» в диапазоне от 3 до 6 мкм;
- с увеличением δ от 0 до 3 мкм плотность распределения случайной величины увеличивается от 0 до «тах», а с увеличением δ от 6 до 520 мкм плавно уменьшается, приближаясь к «0»;
- характер распределения не указывает на какую-либо близость к симметрии.

Эмпирическая кривая позволяет сделать предположение о логнормальном распределении случайной величины. Для определения параметров исходного распределения использовались оценки наибольшего правдоподобия. Гипотеза H_0 о сходстве эмпирического и теоретического распределений проверялась с помощью критерия Пирсона и была отклонена.

Для создания технологии переработки хвостов обогащения основным требованием к их гранулометрическому составу является определение взаимосвязи между фракциями. Для выявления структуры совокупности все множество значений было разделено на классы шириной 10 мкм, что привело к объединению тонких частиц в один класс.

Графически сгруппированный дисперсный состав хвостов обогащения представлен эмпирической функцией распределения $D(\delta)$ количества материала по размерам частиц и эмпирической плотностью вероятностного распределения $\varphi(\delta)$ (рис. 2, 3).

Анализ кривых плотности распределения (рис.3) показывает, что:

- область распределения находится в интервале $10 < \delta < 520$ мкм;
- распределение имеет максимальное значение при $\delta = 10$ мкм;
- характер кривой – экспоненциально убывающий.

Отмеченные признаки характерны для показательного распределения, поэтому рассмотрим показательный закон распределения генеральной совокупности. Для аппроксимации эмпирических кривых плотности вероятности дисперсных материалов были рассмотрены одно- и двухпараметрические формулы, полученные на основе описания результатов дисперсного анализа.

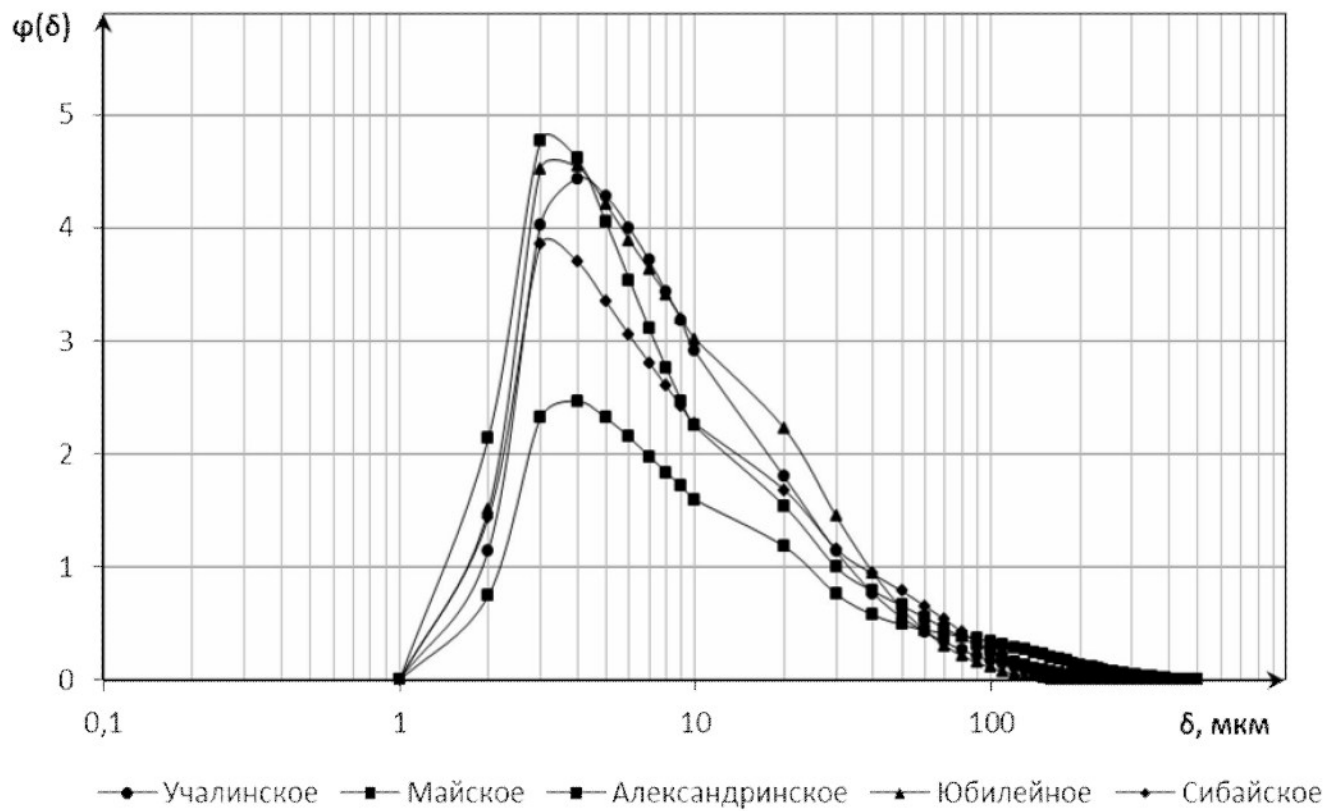


Рис. 1. Дифференциальная функция распределения дисперсного состава хвостов обогащения колчеданных руд разных месторождений

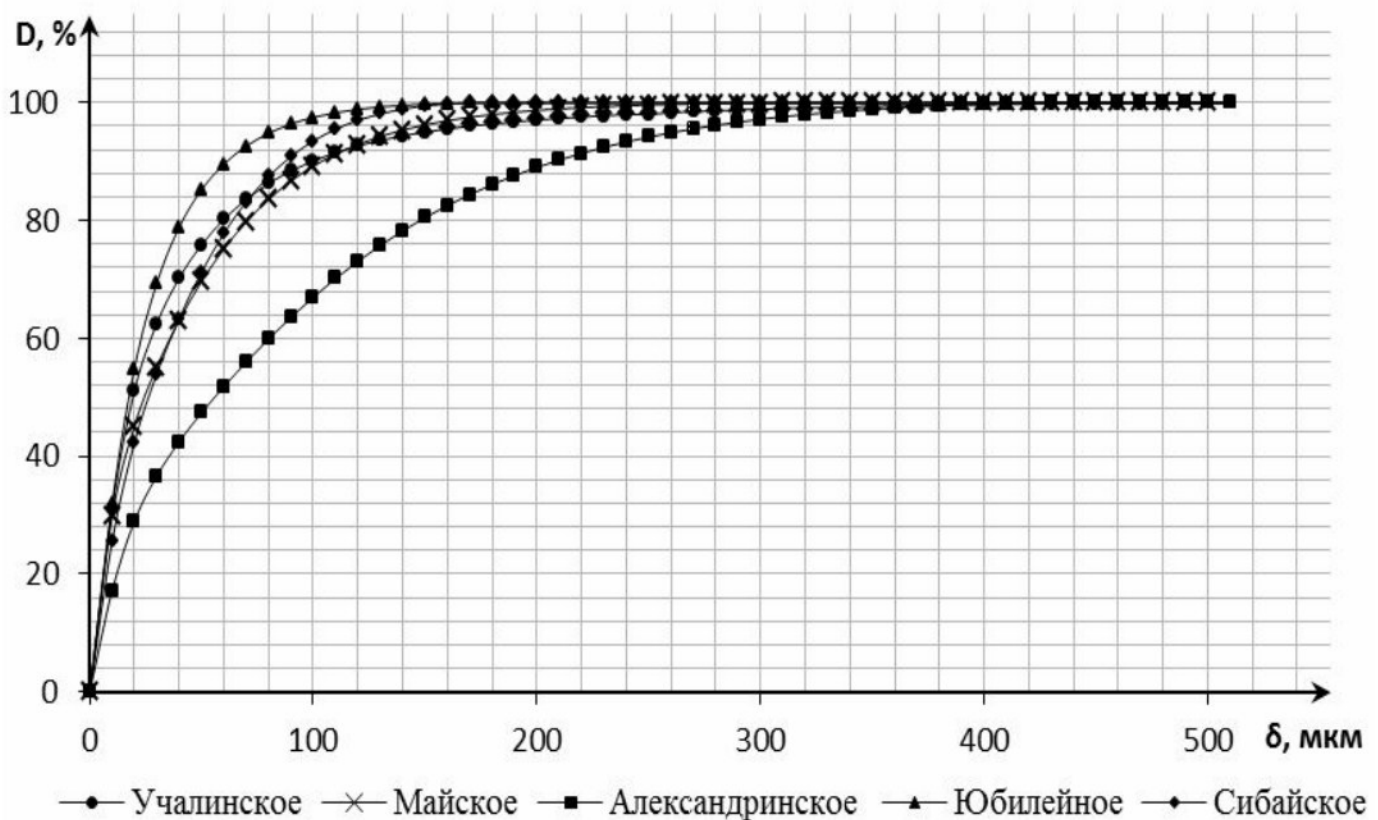


Рис. 2. Интегральная функция распределения дисперсного состава хвостов обогащения колчеданных руд разных месторождений

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

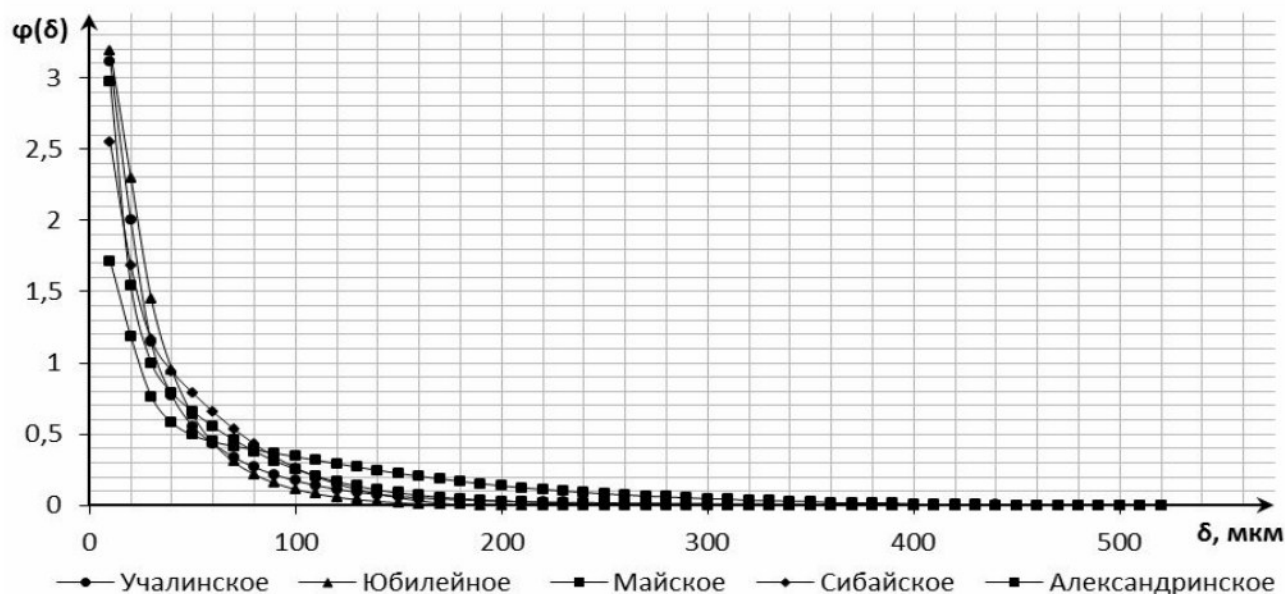


Рис. 3. Дифференциальная функция распределения дисперсного состава хвостов обогащения колчеданных руд разных месторождений

Эмпирические кривые аппроксимировались формулами показательного распределения с параметром масштаба θ (1) и Розина-Рамллера (2) (рис. 4):

$$D(\delta) = 1 - e^{-\frac{\delta}{\theta}}, \quad (1)$$

где параметр масштаба θ определялся методом моментов;

$$D(\delta) = 1 - e^{-\left(\frac{\delta}{B}\right)^A}, \quad (2)$$

где параметры A и B определялись методом наименьших квадратов.

В табл.1 приведены значения параметров формул хвостов обогащения колчеданных руд разных месторождений.

Таблица 1

Параметры теоретических формул

Отходы обогащения колчеданных руд месторождений	Параметры		
	Показательное распределение, θ	Формула Розина-Рамллера	
		A	B
Учалинское	40,6	3,47	12,62
Александринское	84,04	0,97	78,37
Майское	41,69	0,93	39,01
Юбилейное	26,29	1,02	26,13
Сибайское	37,17	1,11	36,87

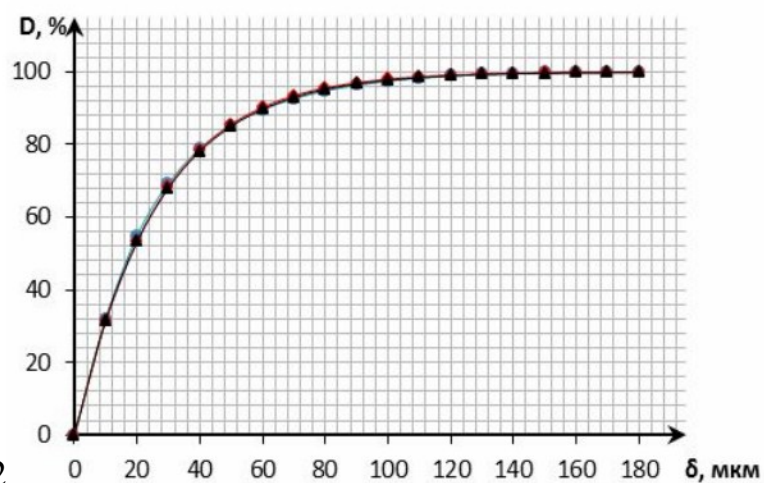
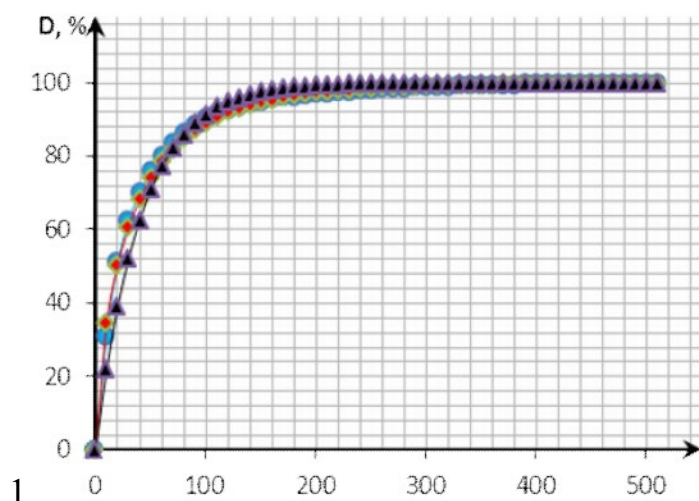


Рис. 4 (начало). Эмпирические и теоретические интегральные кривые распределения хвостов обогащения колчеданных руд месторождений: 1- Учалинское; 2 – Юбилейное;

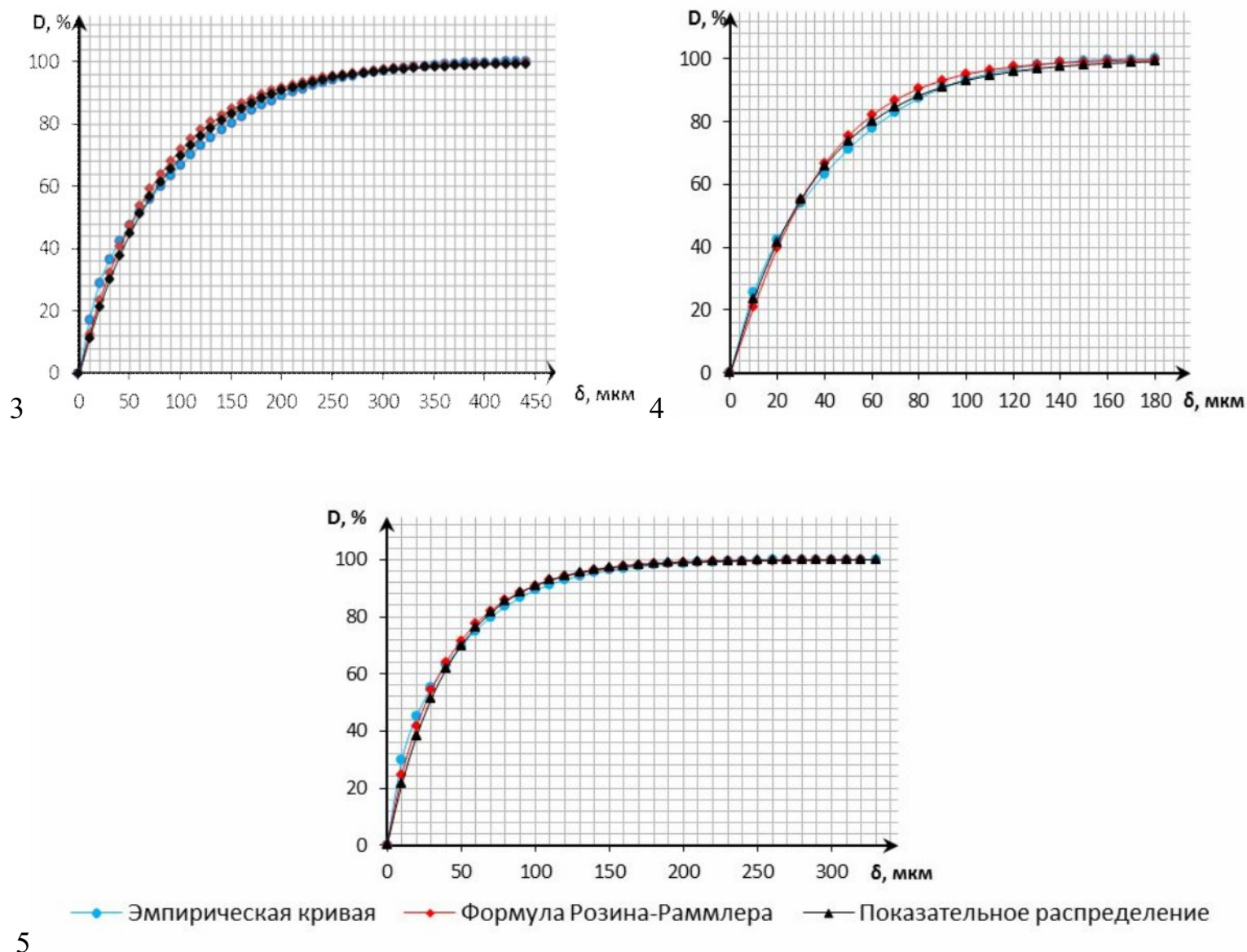


Рис. 4 (продолжение). Эмпирические и теоретические интегральные кривые распределения хвостов обогащения колчеданных руд месторождений: 3 - Александринское; 4 – Сибайское; 5 - Майское

Проверка гипотезы о показательном распределении проводилась с использованием критерия Пирсона путем сравнения значения критической статистики с табличными значениями процентных точек $\chi^2(k-s-1)$ – распределения с уровнем значимости $\alpha=0,01$, где k – число интервалов, s – число оцененных по выборке параметров (для показательного закона $s=1$, а для формулы Розина-Раммлера $s=2$).

На примере дисперсного состава хвостов обогащения колчеданных руд Юбилейного месторождения критическая статистика Пирсона для показательного распределения равна 29,66, а для формулы Розина-Раммлера – 46,3. Сравнивая с табличным значением 31,9993 гипотеза H_0 подтверждается, а гипотеза H_1 отклоняется.

Следует отметить, что решающий вклад в завышенное значение критической статистики вносят «хвосты» эмпирического распределения (слагаемые этой статистики, соответствующие первым трем интервалам группирования), поэтому эмпирические и модельные кривые демонстрируют хорошее соответствие между выборочными и теоретическими законами распределения.

Литература

1. Коузов П. Л. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. — 3-е изд. перераб. — Л.: Химия, 1987. 264 с.

Елена Александровна Горбатова, доцент, к.т.н., зав. кафедрой геологии, геодезии и маркшейдерского дела;
Евгения Александровна Пузанкова, доцент, канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой высшей математики, т.(3519)29-85-15 (ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова»)

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

О 8-ОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЕ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ «ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕДР В XXI ВЕКЕ ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ»

г. Москва, УРАН ИПКОН РАН

14-18 ноября 2011 г.

Российская академия наук, Отделение наук о Земле РАН, Российский фонд фундаментальных исследований, Комиссия по работе с молодежью Президиума РАН, Совет молодых ученых РАН, Научный совет РАН по проблемам горных наук, Научный совет РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых, Учреждение Российской академии наук Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Совет молодых ученых и специалистов провели 8 Международную научную школу молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых». Школа была проведена 14-18 ноября 2011 года в г. Москве на базе УРАН Института проблем комплексного освоения недр РАН. В ее работе приняли участие представители академических и отраслевых институтов, ВУЗов, горно-обогатительных предприятий России, Казахстана, Украины, Германии, Монголии, Танзании и др. стран. В работе школы приняли участие около 300 человек. На конференции представлено 138 докладов 250 авторов, заслушано 59 докладов из них 5 пленарных. Участники осветили последние достижения в области теории и технологии комплексного освоения недр Земли. Представлены результаты новых исследований по таким направлениям как геология месторождений, проблемы геомеханики и разрушения горных пород, совершенствование техники и технологии освоения месторождений полезных ископаемых, обогащение полезных ископаемых, управление производством, экономические и социальные проблемы освоения недр, техника безопасности и охрана окружающей среды, аэрогазопылединамика. Конференция отмечает, что в представленных докладах содержатся современные теоретические и практические подходы к решению указанных проблем, основанные на крупных исследованиях, выполненных за последние годы научными коллективами.

Основная часть докладов была заслушана на пяти специализированных секциях.

На секции «Геология месторождений твердых полезных ископаемых, проблемы геомеханики и разрушения горных пород» было заявлено 39 докладов из России, Казахстана и Украины, прозвучали 17 докладов. Среди авторов докладов кандидаты наук, аспиранты, инженеры и студенты. Тематика представленных докладов обширна. В докладах рассматривались проблемы геологического изучения месторождений твердых полезных ископаемых, мониторинга геомеханического состояния массива горных пород с учетом его структурных особенностей, расчета напряженно-деформированного состояния горных пород при разработке полезных ископаемых, проблемы разрушения геоматериалов, в том числе проблемы

взрывного разрушения массива пород, проблемы использования современных информационных технологий при освоении подземного пространства городов. Представленные доклады характеризуются высоким уровнем изложенного материала как в отношении актуальности и четкости постановки научных задач, так и в отношении оформления полученных результатов и обсуждения возможностей их внедрения. По большей части докладов развернулись интересные дискуссии, в ходе которых были высказаны пожелания и рекомендации авторам докладов в отношении совершенствования методологии и перспектив развития проводимых исследований. Следует выделить доклады Никифоровой И.Л., Осокина А.А. (УРАН ИПКОН РАН), Лукашенко С.В., Корсакова А.К., Чекалина С.И., Терёшина А.А., Серафимина А.П. (РГГРУ им. С. Орджоникидзе), Дружинской Д.С., Брысина В.П. (НИИОСП им. Н.М. Герсеванова), Овсянникова А.Н. (ФГУП ВИОГЕМ), Барабашевой Е.Е., Ткач Р.Е. (ЗабГУ).

В тематике докладов секции «Совершенствование техники и технологии освоения месторождений полезных ископаемых» были отражены вопросы проектирования расширенного цикла геотехнологических процессов комбинированных физико-технических и физико-химических геотехнологий, вопросы извлечения цветных, редких и благородных металлов из продуктивных растворов, получаемых при выщелачивании хвостов обогащения и некондиционных руд медно-колчеданных месторождений Урала, результаты опытно-промышленных испытаний технологии кучного выщелачивания хвостов медно-колчеданных месторождений, перспективные решения в области управления качеством рудопотоков при комбинированной геотехнологии, вопросы совершенствования технологии автоклавного выщелачивания урановых руд, перспективы применения электроимпульсных технологий в горном производстве, вопросы совершенствования технологии открытых горных работ, рассмотрены перспективные направления развития горнодобывающей промышленности. В программу работы секции было заявлено 29 докладов, доложено 10. Лучшими признаны доклады Андреева М.Н. (СПГГУ), Бейдина А.В., Достовалова В.В. (ЗабГУ), Еремина Д.В. (МГГУ), Пешкова А.М. (ИПКОН РАН), Тамбовцева П.Н. (ИГД СО РАН).

Доклады по изучению минерального состава и минералого-технологической оценке окисленных марганцевых руд, титано-циркониевых песков, платиносодержащих руд и россыпного золота, оценке обогатимости медистых песчаников, поиску и применения новых флотационных реагентов для сульфидных руд, повышению комплексности использования минерального сырья, использованию переменного магнитного

поля для разделения магнетитового концентрата и ультразвука при селекции коллективного медно-цинкового концентрата, выщелачиванию золота из упорных окисленных руд, водоподготовке в процессе выщелачивания медно-цинковых руд, сорбции меди и никеля магниесодержащим сорбентом и рентгенометрического обогащения и др. рассмотрены на секции «Обогащение полезных ископаемых». На секции заявлено 38 докладов, заслушано 20. Лучшие доклады представили: Самусев А.Л., Гапчич А.О. (УРАН ИПКОН РАН, г.Москва), Астахова Ю.М., Иоспа А.В., Азарнова Л.А. (ФГУП ВИМС им.Н.М.Федоровского, г.Москва), Бондарева А.Ю. (ЗАО «ВНИИ Галургии», г.Санкт-Петербург), Ержанова Ж.А. (АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», г.Алматы), Иванова С.П. (ОАО «Уралмеханобр», ООО «Уралмаш-Инжиниринг», г.Екатеринбург), Нестеров Д.П. (УРАН ИХТРЭМС КНЦ РАН, г.Апатиты), Газалеева В.Н. (ОАО «Уралмеханобр», г.Екатеринбург). Лучшие магистерские работы представили: Фалей Е.А. (УГГУ, г.Екатеринбург), Мушкетов А.А. (ОАО «Уралмеханобр», г.Екатеринбург), Глухова Н.И. (УРАН ИПКОН РАН, г.Москва).

На секции «Управление производством, экономические и социальные проблемы освоения недр» обсуждались вопросы концепции инновационной стратегии ресурсосбережения в топливно-энергетическом комплексе, также был проанализирован опыт ведущих индустриальных стран в области энергосбережения, определены факторы успешной реализации проектов энергоэффективности, систематизированы технические и экономические риски при организации горного производства и др. На секции заявлено 8 докладов, доложено 4. Все доклады представлены на достойном уровне и признаны лучшими по различным номинациям: Елизаровой Г.С., Прокофьевой Е.Н., Кошелец А.В., Кононыхина М.А.

На секции «Техника безопасности и охрана окружающей среды, аэрогазопылединамика» было заявлено 14 докладов. Доложено 3. Тематика обсуждаемых вопросов затрагивала вопросы как охраны ряда важных элементов окружающей среды – воздушных и земельных ресурсов, так и актуальные проблемы на стыке аэропылегазодинамики и техники безопасности. Лучшей экспериментальной работой признан доклад Посеряевой О.О. (ФГБОУ ВПО МГГУ, г.Москва), лучшей теоретической работой – доклад Чечневой Е.С. (УРАН ИПКОН РАН, г.Москва), лучшей инновационной - работа Гакаева Р.А. (Чеченский ГУ, г.Грозный).

Редакция научно-производственного журнала «Маркшейдерия и недропользование» наградила бесплатной годовой подпиской на свой журнал трех лучших докладчиков школы.

Союз маркшейдеров России отметил золотыми

знаками за высокую организацию 8-ой Международной научной школы сопредседателей научной школы академиков РАН К.Н.Трубецкого и В.А.Чантурия, серебряным знаком - заместителя председателя научной школы, председателя Совета молодых ученых и специалистов Института, с.н.с., к.т.н., Н.А.Милетенко, а также почетными грамотами - научного сотрудника П.Г.Пацкевича, младших научных сотрудников К.И.Никифорова и Н.И.Глухову - молодых ученых УРАН ИПКОН РАН.

Для участников научной школы молодыми учеными УРАН ИПКОН РАН Хабаровой И.А., Осокиным А.А., Подгаецким А.В. были проведены экскурсии по лабораториям Института. Большой интерес вызвала организованная в рамках проведения школы экскурсия в минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, в ходе которой участникам было представлено уникальное собрание распространенных и редких минералов, поделочных и драгоценных камней.

Решение школы молодых ученых и специалистов

1. Продолжить развитие фундаментальных и прикладных исследований по приоритетным направлениям комплексного освоения недр Земли.

2. Расширить сотрудничество Совета молодых ученых и специалистов УРАН ИПКОН РАН с молодыми учеными Германии, Казахстана, Украины, Монголии, Танзании и др. стран.

3. Наиболее интересные доклады, отмеченные по результатам работы секций, опубликовать в виде статей в журналах «Маркшейдерия и недропользование», «Маркшейдерский вестник», «Горный журнал Казахстана» и других журналах горнообогатительного профиля.

4. Обратиться с просьбой к редакциям журналов «Маркшейдерия и недропользование», «Маркшейдерский вестник», «Горный журнал Казахстана» в период подготовки к очередной научной школе продолжить на страницах журнала рубрику «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых».

5. Провести 9 Международную научную школу молодых ученых и специалистов в октябре-ноябре 2012 г.

6. Отметить высокий уровень подготовки и проведения конференции и вынести благодарность ее организаторам, а также организациям, оказавшим финансовую и информационную поддержку: Российскому фонду фундаментальных исследований, Комиссии по работе с молодежью Президиума РАН, Совету молодых ученых РАН, Союзу маркшейдеров России и научно-техническим и производственным журналам «Маркшейдерия и недропользование», «Маркшейдерский вестник», «Горный журнал Казахстана», Информационно-справочному центру горнодобывающей промышленности, Федеральному агентству по недропользованию России (Роснедра).

От редакции: По причинам, не зависящим от редакции, в МВ №6 за 2011 г. в рубрике «По материалам конференций» на стр.49 допущена неточность в надписи под фотографией вверху страницы. Следует читать:

Протосеня А.Г. – заместитель председателя.

Трушко В.Л. – заместитель председателя.

Редакция приносит свои извинения за допущенную неточность.

Ю.Г.Толпегин

ОТРЫВОК ИЗ РОМАНА «ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКИ ИЛИ ПАРАДОКСЫ КОЛЫМЫ»

Продолжаем публикацию романа, в котором в увлекательной форме рассказывается, как искали и добывали золото для государства на Аляске и на Колыме русские люди. В каких условиях жили и работали. Описывается взлет и падение Колымы. (Начало было опубликовано в МВ №5-2011 г.).

**Горный институт (продолжение).**

Пожалуй, во всех вузах принято перед отъездом обсуждать проблемы будущей работы. Это происходило или в аудиториях факультета, или на лавочках перед зданием alma-mater. Европейский Север хорошо знали, многие практику проходили на Кольском полуострове – комбинате «Североникель», шахтах Инты, Полярного Урала. Климатические условия никого не пугали, многие были спортсменами и снежные зимы с морозами – только в радость. А вот люди... С кем придется работать, делить кров и хлеб, об этом может быть и думали, но вслух не говорили. Позднее, где-то уже летом, прибежал припозднившийся Володя Сорокин и с порога заявил, что на Севере работают одни заключенные.

- Егор, ты же проходил практику в шахтах Варгашора? Разве у вас не было среди работников заключенных?

- Знаю, были случаи, когда ко мне на смену конвой приводил одного-двух заключенных. Их вместе со сменой спускали в клетки в забой шахты и они с нами работали. В конце смены при подъеме на выходе из клетки их встречал снова конвой. Расписание работы смен хорошо всем известно. Работали они, можно сказать, очень даже неплохо. Мне, как старшему смене, пришлось писать им даже характеристики.

- А за что они получили срок?

- Кажется, за бытовое убийство. Других заключенных я не видел. Хотя, вспоминаю, что говорили о каких-то зонах.

Долго молчавший в углу Жора Крус, с соседнего геологического факультета, рано облысевший белорус или еврей, сообщил:

- Мне один знакомый, он раньше работал в НКВД, рассказал, что вся территория Севера была насыщена лагерными зонами. Все значительные стройки Союза осуществлялись в основном силами заключенных. Сотнями тысяч. Ты, Егор, читал же о Дальстрое, неужели об этом нигде не было написано?

Егор Пегов, конечно, многое прочитал о Дальстрое – становлении и достижениях.

- Во всех источниках пишут, что золотоносность Колымы установлена тремя экспедициями Госгеолкома. Мне, кажется, совершенно забыли тех, кто первым нашел и сообщил нашим правителям о больших золотоносных залежах. Знаете, еще в 1853 году агроном Ленже на побережье Охотского моря, в устье реки Ульбея открыл россыпь золота. Чуть позднее, в 1906-1908 годах в долине реки Кухтуй, недалеко от Охотска, также нашли россыпное золото и добывали

его до 1914 года. Здесь добыли около 7 тонн золота. Еще раньше в 1867 году мой предок нашел золотые россыпи в бассейне реки Кулу, истоки реки Колымы. Даже привез несколько килограммов и передал царскому двору. Геолог Андреев, вместе с моим прауродителем, покинувший Аляску, нашел золото на Алдане и в бассейне реки Аллах-Юнь. В 1914-1915 годах Розенфельд со старателями Михаилом Кановым, Сафеем Гайфулиным и Барри Шафигуллиным в бассейне реки Среднекан нашли несколько россыпей. Шафигуллин на одной из россыпей организовал добычу, но по неизвестным причинам погиб. В 1926 году Федор Поликарпов выявил богатую россыпь в долине ручья Безымянного. Уже в 1928 году на базе запасов россыпного золота создается первый на Колыме прииск «Среднекан» и в первый год добыто 89 килограмм золота. Именно по следам этих открытий и отправлены экспедиции Госгеолкома под руководством Билибина, Цареградского и Раковского.

- Золото всегда нужно государству, - продолжил Егор. – Чтобы организовать его масштабную добычу, необходимы были обоснованные прогнозы, осуществленные на государственном уровне. Эти экспедиции подтвердили золотоносность верховьев реки Колымы и Алдана и рекомендовали постановку разведочных работ и добычу.

- Как я понял, именно после этих обобщений, Правительство СССР решилось на разворот работ в этом регионе. Я нашел Постановление Совета Труда и обороны от 13 ноября 1931 года об организации здесь государственного треста, именуемого сокращенно – Дальстрой. В его обязанности входило всестороннее геологическое изучение региона, развертывание промышленного и дорожно-транспортного строительства. Дальстрой, как уникальная организация, в условиях отдаленности, отсутствия всех инфраструктурных составляющих, сумела из отсталого, обреченного на прозябание региона, в кратчайшие сроки создать народнохозяйственный комплекс, охватывающий все сферы жизни и производства. За десять лет золотодобытчики сумели поднять уровень с нескольких десятков килограмм до нескольких десятков тонн. Вот это темпы! Деятельность Дальстроя охватывала территорию от реки Лены на Западе до Охотского моря на Востоке, и на Севере – побережья Чукотского и Берингова морей. В общем, по площади, около трех миллионов квадратных километров.

- Егор, а что за люди там работали? Какие специалисты? – спрашивали ребята.

- Я думаю, что это были комсомольцы-добровольцы. Возможно, старатели, строители и, конечно, романтики. Может и были какие-то заключенные.

В те годы широкая общественность еще не зна-

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ТВОРЧЕСТВО АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

ла о существовании в стране лагерной системы ГУЛАГа. Это стало известно только в 1962 году, после опубликования в журнале «Новый мир» повести Александра Солженицына «Один день Ивана Денисовича». Это открытие стало для граждан страны громом среди ясного дня. Егор Пегов узнал об этом, уже в деталях, в первые дни своего пребывания в Магадане.

Еще находясь в Москве, Егор слышал по радио, что Дальстрой, как организация, ликвидирован и вместо него создан Северо-Восточный Совнархоз.

От автора.

Вопрос об организации золотодобычи на Колыме рассматривался в Политбюро ЦК ВКП(б) и было принято Постановление 11 ноября 1931 г. «О Колыме», подписанное Иосифом Сталиным. Первым директором Дальстроя был назначен сотрудник спецотдела ОГПУ СССР Эдуард Петрович Берзин. Использование труда заключенных Северо-Восточного исправительного трудового лагеря являлось специфической особенностью деятельности Дальстроя, поскольку первые заключенные были этапированы на Колыму еще за несколько месяцев до издания официального приказа об организации Севвостлага. Практически, как и было задумано сталинскими прихвостнями, начиная с конца 1932 г., все хозяйственные структуры Дальстроя, как раковые опухоли, проросли лагерными зонами. В руках Э.П.Берзина сосредотачивалась власть как директора Дальстроя, так и уполномоченного коллегии ОГПУ по региону. Главным делом Дальстроя в первые годы было строительство автодорог, в зависимости от успехов которого росла и золотодобыча. Несомненно, большие успехи организации, в основном, связаны с функционированием многокилометровой трассы, соединяющей порт Магадан с приисками. Она стала дорогой жизни для всего региона. Начавшееся летом 1932 г. строительство дорог (главной трассы и ответвлений) велось в тяжелейших условиях: нехватка рабочих, практическое отсутствие техники, ливневые дожди и снегопады, гнус, участившиеся заболевания. До наступления зимы 1933 г. протрассировали только зимник на протяжении 90 км и основной дороги 30 км. В 1933-37 гг. было резко увеличено количество заключенных, работающих на дорогах. Кроме носилок, лопат и тачек, в начале, на строительстве использовались лошади, позднее появились тракторы и автомашины. Политзаключенных заставляли работать на самых трудных участках строительства. К 1939 г., за шесть лет, была построена основная дорога до поселка Берелёх (750 км), к 1944 г. – до поселка Кадыкчан (еще 200 км). Остальную часть, до поселка Разведчик (Якутия, 350 км), достроили к 1952 г. Практически вся Колымская трасса построена на костях заключенных, людей, гибнущих от голода, холода и истязаний. Дорога жизни и ... смерти. Такова цена Колымской трассы.

Первоначально структуры Дальстроя охватывали территорию порядка 450 тыс. кв. км. По мере строительства дорог расширялась территория деятельности. Росла и золотодобыча: в 1932 г. на Колыме было добыто 511 кг, в 1936 г. – 33,4 т, а в 1941 – рекордные 86,9 т. Четко прослеживались тенденции к увеличению подневольной мускульной рабочей силы. Постоянно присутствовал голод, в отдельные периоды выдавали только муку, из которой заключенные пекли на кострах лепешки. Периодически вспыхивали эпидемии дизентерии, брюшного и сыпного тифов. Смертность зашкаливала. Участились групповые побеги. Часто заключенные объединялись в

банды. Грабили и убивали специалистов в геологических и геофизических партиях. После соответствующего Постановления ЦИК СССР от 28 апреля 1937 г. Дальстрой, как хозяйственная структура, официально перешла в подчинение органам внутренних дел. Началось широко-масштабное уничтожение политических заключенных. «Расстреливать беспощадно, повсеместно и как можно больше», – сказанное Лениным использовалось властями, как циркуляр для террора. Цель создания системы лагерей ГУЛАГа – беспощадная расправа над потенциальными противниками режима, посеять ужас и страх в умах всех людей страны за счет беспричинных расстрелов и каторжного труда в концлагерях. Хотя эти лагеря и назывались исправительно-трудовыми (ИТЛ), по своей сути были страшнее фашистско-гестаповских. Гитлеру со своей сворой было у кого учиться.

Возглавивший кровавую вакханалию новый начальник (теперь уже не директор) Дальстроя К.А.Павлов лично пробил в Москве «квоту» на отстрел **10 000 человек!** Часто расстрелы были массовыми. С 16 декабря 1937 г. по 15 ноября 1938 г. тройка УНКВД по Дальстрою приговорила к расстрелу 10743 чел. Террор по отношению к «врагам народа» сопровождался с ужесточением всего лагерного режима – продолжительность рабочего дня была увеличена с десяти часов до четырнадцати (в отдельных случаях до шестнадцати). Полностью отменена заработная плата, резко сокращена норма питания, вплоть до перевода на штрафной паёк (кусоч хлеба и кружка воды). Такой режим привел к истощению организма, росту заболеваний и пиковой смертности (10% ежемесячно). НКВД вместо выбывших постоянно завозила с материка новые партии заключенных. Из-за постоянной нехватки рабочих рук принимались меры по комплектованию производственных участков вольнонаемными. Без права выезда за пределы деятельности Дальстроя. Невыполнение плана каралось жестоко: расстрел или увеличивался срок отсидки. На начало 1944 г. в Дальстрое работало 216428 чел., из них вольнонаемных 18%. В это же время увеличилось количество женщин заключенных, что было в целом характерно для системы ГУЛАГа.

Посетившему Колыму вице-президенту США Генри Уоллесу совместно с делегацией показали участки работ в Сеймчане, Сусумане, специально на время посещения укомплектован рабочие места вольнонаемными. После окончания Второй мировой войны осенью 1945 г., на Колыму начали завозить пленных японцев (в октябре 1945 г. 3998 человек).

Дальстрой расширил свою сферу деятельности. Его предприятия добывали кроме золота также олово и кобальт. В 1945-46 гг. создаются два новых комбината по добыче урана - Бутыгычаг и Северный, естественно, без соблюдения каких-либо правил техники безопасности. Прибывающие новые партии заключенных, среди которых теперь преобладали бандеровцы, власовцы, «лесные братья», а также наши советские воины, побывавшие в плену, усложнили общую обстановку. Участились побеги, убийства и поножовщина. Некоторые банды уголовников свирепствовали, убивая безжалостно, часто съедая мясо убитых. Но как не парадоксально, опираясь на контингент бесправных заключенных, трест Дальстрой развивался. На начало 1953 г. действовали десятки приисков по добыче золота и олова. В составе треста работало семь заводов, девять ремонтно-механических мастерских, 57 электростанций с общей мощностью 130 тыс. кВт, а протяженность ЛЭП составляла 1650 км. Трест владел собственным морским флотом: три парохода, танкер, 12 буксирных катеров и 17 морских барж.

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ТВОРЧЕСТВО АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

Объем автоперевозок увеличился до 17 млн.т в год, а грузооборот составил 570 млн.т. Были построены и действованы три узкоколейные железные дороги. Авиационный парк состоял из 51 самолета. К 1953 г. на территории Дальстроя была создана сеть совхозов и рыб-промхозов, открыты более ста школ, свыше трехсот больниц и фельдшерских пунктов, 250 клубов. На начало 1953 г. в Дальстрое работало уже 337 тысяч человек, из них 175 тысяч заключенных. В числе вольнонаемных более 50% составляли спецпоселенцы и освобожденные из лагерей, но оставшиеся работать по найму. За 1953 г. Дальстрой выпустил общей валовой продукции на сумму почти 3 млрд.руб.

Если бы Сталин не умер 5 марта 1953 г., Дальстрой продолжал бы функционировать в прежнем бесправном режиме, а количество заключенных росло значительно в силу необходимости поддержания уровня металлодобычи.

После 1957 г. структуры ГУЛАГа были ликвидированы, изменились все хозяйственные связи. Летом этого же года вместо Дальстроя создается Совнархоз в пределах Магаданского экономического района.

Прошло 80 лет с тех пор как началось это кровавое уничтожение народа. В течение почти 25 лет страна была концлагерем. Советское государство, возглавляемое Иосифом Сталиным, к гражданам СССР применило репрессивный характер политики с беспощадным игнорированием общечеловеческих ценностей. Приветствовалось доноительство. Страх заполнил все дома и неуверенность в завтрашнем дне. Страна Советов была окольцована колючей проволокой, распята, изнасилована, расстреляна по воле и прихоти ее верховных правителей, возомнивших себя властителями человеческих душ. К сожалению, многие из населения верили Сталину и когда очередного гражданина выводили ночью из подъезда и суд-тройка определял ему десять лет без права переписки (фактически расстрел), говорили, что так тому и быть, ведь он вредитель. Хотя постепенно, даже может быть и незаметно, почти в каждой семье появился такой «враг». Страна разделилась на виновных и обвинителей. «Виновные», осужденные, в том числе и за лень (не донес вовремя на соседа), моментально поступали в лагеря ГУЛАГа, пополняя мускульной силой знаменитые стройки по всему Советскому Союзу, а обвинители торжествовали. Часто недолго. Логика И.Сталина заключалась в том, что все свои ошибки и прегрешения он «грузил» на подчиненных ему, часто высокопоставленных. Почему и были расстреляны ближайшие его соратники по кровавым делам – Г.Ягода, Н.Ежов, В.Абакумов, Э.Берзин. Если бы не смерть Сталина, еще многие из обвинителей превратились бы в обвиненных по той же надуманной статье – враг народа. Это касалось, например Н.Хрущева, причастного к формированию расстрельных списков, но и чекистов рангом ниже, магаданских следователей и начальников лагерей, в том числе И.Драпкина, бывшего батальонного комиссара, начальника Севвостлага, самых

свирепых следователей Абрамовича и Емелсиовича. Им повезло. В наше время обвинителей уже не переводили в разряд обвиняемых, а даже наоборот. Их за «честную» службу системе всячески поощряли. Свидетельство этому – человеконенавистник, первый секретарь обкома КПСС Н.Мальков, следователи и судьи Грязнов, Гурьев, Миронов, Орлов, Пронин и многие другие, чинившие злостный беспредел на многострадальной колымской земле.

Память Колымы навсегда. На человеческих жизнях, погубленных безвинно, вырос и стоит северо-восточный форпост России – наш Знаменитый город. Святой город – Магадан. Памятник жертвам геноцида. Лагеря и казематы здесь прошли лучшие сыны Отечества – академик С.Королев, генерал армии А.Горбатов, писатель В.Шаламов, поэты А.Жигулин, В.Португалов, В.Князев, профессор минералогии А.Болдырев, священнослужитель Николай (в миру Цепура Н.С.), Владыко Сергей, актер Г.Жженов, художники В.Шухаев и Г.Вагнер, скульптор З.Лихачева, конструктор М.Усачев, писатель Асир Сандлер, певец В.Козин, капитаны пароходов А.Рябоконе, П.Федоров, Н.Вильчек, Н.Пережогин, штурман В.Туманов и многие, многие другие.

Как такое могло случиться? В первой стране советов с задумками построения равноправного общества. Однако, любую идеологию можно извратить действиями людей с ненормальной психикой. Что и произошло. В дальнейшем, после отставки Н.Хрущева появилась у некоторых коммунистов ностальгия по сталинским временам – возбуждены многочисленные дела, так называемых диссидентов. Кого-то посадили или выслали, кто-то сумел эмигрировать. Среди них и оказался знаменитый писатель Александр Солженицын. Место Сталина заняло Политбюро ЦК КПСС, в составе которого наиболее свирепствовал М.Суслов. Он формировал всю внутреннюю «политику» государства. Позднее, М.Горбачев, в силу своей нерешительности и мягкотелости не использовал возникшие возможности для демократического переустройства общества после начавшихся андроповских репрессий. В силу этого СССР развалился. Борис Ельцин, прорвавшийся к власти и используя народную любовь, когда «за битого двух небитых дают», ничего полезного не сделал, ввергнув страну в анархию. Новые российские времена также не оправдывают надежды народа. Вернулась старая тенденция, правда на новом изоциренном уровне, - обвинять неугодных режиму, подсовывая под них уголовные деяния. Так появились дела Ходорковского, Лебедева, Магницкого, Чичваркина и многих других.

До каких пор нашу многострадальную страну с заслуживающим лучшей участи русским народом будет испытывать судьба на прочность? Пока ответа нет.

Егор Пегов простился с однокурсниками, намереваясь две недели погостить у бабушки. Потом, в сентябре ему предстоял длительный путь в Магадан.

Юрий Григорьевич Толпегин, доктор г.-м.н., профессор,
тел.(495)491-82-12, 767-14-40

ФОРУМ ГОРНЯКОВ – 2012

Международная научно-практическая конференция
03 – 06 октября 2012 г. Украина, г. Днепропетровск

Организаторы конференции:

- Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины;
- Комитет Верховного Совета Украины по вопросам топливно-энергетического комплекса, ядерной политики и ядерной безопасности;
- Министерство энергетики и угольной промышленности Украины;
- ГВУЗ «Национальный горный университет» (Днепропетровск);
- ПрАО «Донецксталь» - Metallургический завод»;
- ПАО «ДТЕК Павлоградуголь»;
- Институт горной и металлургической электроэнергетики МОНмолодежьспорт Украины и НАН Украины;
- Институт проблем экологии и природопользования НАН Украины (Днепропетровск);
- Национальная академия наук Украины;
- Национальное агентство Украины по вопросам обеспечения эффективного использования энергетических ресурсов;
- НАК «Нафтогаз Украины»;
- Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности;
- Государственный комитет Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору.

Зарубежные партнеры:

- Технический университет «Фрайбергская горная академия» (ФРГ);
- Бранденбургский технический университет (Коттбус, ФРГ);
- Ройтлингенский университет техники и экономик (ФРГ);
- Эсслингенский университет прикладных наук (ФРГ);
- Монтан-Университет Леобен (Австрия);
- Научно-технический университет «Краковская горно-металлургическая академия (Польша);
- Вроцлавский технический университет (Польша);
- Главный институт горного дела (Катовице, Польша);
- Университет Лаваль (Калгари, Канада)
- Московский государственный горный университет (Россия)
- Санкт-Петербургский государственный горный университет (Россия)
- Казахский национальный технический университет (Алматы, Казахстан)

Председатель оргкомитета: Пивняк Геннадий Григорьевич, ректор ГВУЗ «Национальный горный университет», академик НАН Украины

Заместители председателя:

БЕШТА Александр Степанович, проректор по научной работе, профессор; ШАШЕНКО Александр Николаевич, проректор по международным связям, профессор

Международный организационный комитет

И.Н.Попович (Украина); Ю.Г.Вилкул (Украина); Г.Г.Пивняк (Украина); Б.Майер (ФРГ); М.Шмидт (ФРГ); Н.Нойбергер (ФРГ); К.Дребенштедт (ФРГ); В.Хайдлер (ФРГ); М.Хардигора (Польша); А.Тайдусь (Польша); Р.К.Сингхал (Канада); А.В.Корчак (Россия); Б.Р. Ракишев (Казахстан)

Место проведения - г. Днепропетровск (Украина), ГВУЗ «Национальный горный университет»

Официальные языки: украинский, русский, английский.

Культурная программа - экскурсии по отдельной программе. Стоимость экскурсий не входит в регистрационный взнос.

Научно-технические секции:

- технологии подземной добычи полезных ископаемых;
 - открытые горные работы;
 - обогащение полезных ископаемых;
 - пути развития маркшейдерско-геодезических работ;
 - строительство и эксплуатация подземных сооружений;
 - геомеханика и геотехника;
 - геология;
 - проблемы и перспективы усовершенствования горного оборудования;
 - рудничная аэрология и безопасность труда;
 - технологии экономного и безопасного использования электроэнергии;
 - автоматизация в горном деле;
 - экономика и управление в горной промышленности;
 - экологические и правовые проблемы техногенно-загрязненных регионов.
- Пожалуйста, укажите научно-техническую секцию, на который Вы хотели бы презентовать свой доклад.

Принимаются заявки от организаций горного профиля, ВУЗов, НИИ, зарубежных фирм на проведение презентаций, реклам на мероприятиях Форума, подготовку экспозиций.

Для своевременного формирования программы Форума и публикаций материалов необходимо **до 31 июля 2012 г.** в Оргкомитет направить:

- тексты докладов (требования к оформлению прилагаются);
- заявку на участие (регистрационная форма прилагается).

Статьи, которые будут направлены в организационный комитет Форума **после 31.07.12 г. не будут опубликованы.**

Предварительную программу форума, требования к оформлению текстов докладов и заявку на участие можно найти на сайте www.nmu.org.ua

Регистрационный взнос участника составляет 500 грн.. Украины (в т.ч. НДС). В сумму регистрационного взноса входит: пакет участника, сборник научных трудов международной конференции «Форум горняков - 2012» и участие в протокольных мероприятиях. Регистрационный взнос можно оплатить по прибытию на Форум.

Участники Форума размещаются в гостиницах города. Оплата за проживание и питание не входит в регистрационный взнос (информация о гостиницах города прилагается отдельно).

Секретарь: ТЕРЕЩУК Евгения Евгеньевна

Контакты: ГВУЗ «Национальный горный университет», Отдел международных связей, просп.К.Маркса, 19 корпус 4, комната 31/1, 49005, г. Днепропетровск, Украина

тел./факс: (+38 0562) 47-07-66, (+38 0562) 374-21-84;
E-mail: tereschuke@nmu.org.ua