

**Научный и производственный журнал**

Журнал продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу, выходявших в России и СССР в 1910-1936 гг.

**Учредители:**

**МИНЭНЕРГО РОССИИ.**

**СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ –**

Общероссийская общественная организация

**ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ»**, научно-исследовательский, проектный и конструкторский институт горного дела и металлургии цветных металлов; **«МЕТРОТОННЕЛЬГЕОДЕЗИЯ»**, акционерное общество открытого типа

**Редакция:**

**Главный редактор**

**МАКАРОВ** Александр Борисович

**Редактор**

**ВОРКОВАСТОВ** Константин Сергеевич

**Вице-редактор**

**ЕГОРОВА** Ольга Петровна

**Дизайн**

**ПЕРЕСЫПКИН** Валерий Петрович

**Компьютерный набор и верстка**

**МОЛОДЫХ** Ирина Валерьевна

**Издатель – ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ»**

**Директор**

**д.т.н. ПТИЦЫН** Алексей Михайлович

**Адрес:** 129515, Москва, а/я №51-МВ

**Тел/факс:** (095) 216-95-55-МВ

**Тел.** 217-34-19, 217-37-01

**E-mail:** metago@online.ru

Выходит ежеквартально.

Регистрационное свидетельство Министерства печати и информации РФ № 0110858 от 29 июня 1993 г.

Отпечатано в типографии

ООО «Информполиграф»

Формат А4, усл. печ. л. 11,0

Подписано в печать 10.04.2003 г.

**Индекс в каталоге Агентства**

**Роспечати: 71675**

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!

# **МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК**

Издается с 1992 г.  
апрель – июнь 2003 г. №2 (44)

## **В ЭТОМ НОМЕРЕ:**

**– 50 ЛЕТ ПЕРМСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ  
ТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ**

**– ПРОБЛЕМЫ ГАЗПРОМА РОССИИ**

**– В ГОСГОРТЕХНАДЗОРЕ РОССИИ**

**– ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК**

**– МЕТОДЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
И КОНТРОЛЯ**

**– ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕДР**

**– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ**

**– О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АКАДЕМИИ ГОРНЫХ НАУК**

**– ЮБИЛЕИ**

**– ИНФОРМАЦИЯ**

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>50-летие Пермского ГТУ</b>	5
– <b>Кашников Ю.А.</b> 50 лет кафедре маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем Пермского государственного технического университета	5
– <b>Ю.А.Кашников, С.Г.Ашихмин, А.Н.Шабаров, С.Л.Одинцов, А.В.Постнов.</b> Основные положения «Концепции геодинамической и геомеханической безопасности освоения АГКМ»	13
– <b>С.Г.Ашихмин, Ю.А.Кашников, А.И.Ананин, С.И.Фаустов, Е.В.Бегляков.</b> Анализ деформирования ствола шахты «Тишинская» Тишинского рудника	17
– <b>А.В. Катаев, С.Н.Кутовой.</b> Разработка концепции информационной системы ОАО «Сильвинит»	21
– <b>А.В. Катаев, С.Н. Кутовой.</b> Разработка модели геологической среды для рудников Верхнекамского месторождения калийных солей	25
– <b>А.В.Катаев, С.Н.Кутовой, А.В.Телицын, Е.В.Нестеров, М.В.Гилёв.</b> Автоматизированное рабочее место маркшейдера на базе цифровых планов горных работ	28
– <b>М.А.Голендухин, А.В.Заморин, И.А.Столбов, А.Ю.Шишунов, Т.П.Голендухина, Г.В.Поспелова.</b> Из опыта геодезических наблюдений за осадками и деформациями зданий и сооружений промышленных предприятий, расположенных на подрабатываемой территории	31
<b>Ю.А. Болтнев, Ю.Б. Баранов, Р.В. Грушин, Е.В. Киселевский, Л.Ю. Кожина.</b> К вопросу об обеспечении геодинамической безопасности разработки месторождений <b>УВ</b> аэрокосмическими методами	34
<b>В.В.Грицков.</b> Об административной реформе в горном деле	38
<b>В.В.Грицков.</b> О развитии законодательного регулирования производства горных работ	40
<b>Э.Т.Денкевич, П.В.Смирнов, Е.Т.Денкевич.</b> Применение ГИС-технологий при маркшейдерском обеспечении горных работ: способ построения маркшейдерских сетей в подземных горных выработках	45
<b>Ю.В.Войцехович, А.М.Цываненко, А.Д.Трубчанинов.</b> Съёмка складов полезных ископаемых спутниковыми методами	47
<b>Г.П. Жуков, И.П. Иванов.</b> Машинная графика в маркшейдерском деле	51
<b>К.С. Ворковастов.</b> Из истории разработки аппаратуры для акваториальных маркшейдерских радиогеодезических съёмок	53
<b>А.М. Алешечкин, В.И. Кокорин.</b> Радионавигационная система для определения точных координат акваториальных геологоразведочных и горных выработок	54
<b>А.А.Кашкаров А.А., В.А.Коротков, Е.И.Пономарев.</b> Использование подземного пространства при водоотведении на подтопляемых территориях производственных и социальных комплексов	58
<b>А.С.Ведяшкин, К.К.Элиманов, Р.В.Ли, Т.Т.Ибраев.</b> Расчет параметров породно-целиковых полос	60
<b>С.П. Бахаева, С.М. Простов, Е.В. Костюков, Е.А.Серегин.</b> Комплексная оценка геомеханических процессов дамб из грунтовых материалов	62
<b>Р.А.Такранов, А.Н.Шеремет, В.П.Жилин, Н.В.Лагай.</b> Оптимизация изучения трещиноватости геологически однородных угленосных отложений	67
<b>А.Б.Юн, М.Ж.Сатов, Г.Е.Танкау.</b> Прогноз обрушений на Жезказганском месторождении	72
<b>А.Н. Соловицкий.</b> Оценка взаимодействия блоковых структур интегральным методом для обеспечения геотехнологии освоения недр	76
<b>Е.И.Панфилов.</b> О деятельности Московского городского отделения Академии горных наук	79
<b>Юбилеи</b>	81
<b>Обозрение новых изданий</b>	82
<b>Информация</b>	83

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА «МВ»

<b>Макаров Александр Борисович</b>	– Председатель редсовета, Главный редактор, <i>д.т.н., профессор, зав.кафедрой МДиГ МГГРУ.</i>
<b>Ворковастов Константин Сергеевич</b>	– Зам. председателя редсовета, редактор, <i>к.т.н.</i>
<b>Члены Редсовета:</b>	
<b>Букринский Виктор Александрович</b>	– <i>д.т.н., профессор МГГУ.</i>
<b>Ганченко Михаил Васильевич</b>	– <i>главный маркшейдер АК «АЛРОСА», член ЦС СМР и председатель Якутского РС СМР.</i>
<b>Гордеев Виктор Александрович</b>	– <i>д.т.н., профессор, зав. каф. МДиГ УГГГА, член ЦС СМР и председатель Свердловского РС СМР.</i>
<b>Грицков Виктор Владимирович</b>	– <i>начальник Управления по надзору за охраной недр и геолого-маркшейдерскому контролю Госгортехнадзора РФ, член ЦС СМР.</i>
<b>Гудков Валентин Михайлович</b>	– <i>д.т.н., профессор, зав.кафедрой МДиГ МГОУ.</i>
<b>Гусев Владимир Николаевич</b>	– <i>д.т.н., профессор, зав.кафедрой МДиГ С-П ГГИ(ТУ), член Ленинградского МРС СМР.</i>
<b>Загibalов Александр Валентинович</b>	– <i>к.т.н., доцент, зав.кафедрой МДиГ Иркутского ГТУ.</i>
<b>Зимич Владимир Степанович</b>	– <i>Президент Союза маркшейдеров России, зав.сектором НТЦ промышленной безопасности Госгортехнадзора РФ.</i>
<b>Иофис Михаил Абрамович</b>	– <i>д.т.н., профессор, г.н.с. ИПКОН РАН, вице-президент СМР.</i>
<b>Калинченко Владимир Михайлович</b>	– <i>д.т.н., профессор, зав.кафедрой МДиГ Южно-Русского ГТУ.</i>
<b>Кашников Юрий Александрович</b>	– <i>д.т.н., профессор, зав.кафедрой МД, Г и ГИС Пермского ГТУ, член ЦС СМР.</i>
<b>Киселевский Евгений Валентинович</b>	– <i>к.т.н., главный маркшейдер ОАО «Газпром», член ЦС СМР.</i>
<b>Навитный Аркадий Михайлович</b>	– <i>начальник управления маркшейдерско-геологического обеспечения ГУРШ Минэнерго РФ, вице-президент СМР.</i>
<b>Попов Владислав Николаевич</b>	– <i>вице-президент СМР, д.т.н., профессор, зав.кафедрой МДиГ МГГУ.</i>
<b>Петров Иван Федорович</b>	– <i>член ЦС СМР, зам.председателя ММРС СМР.</i>
<b>Смирнов Сергей Павлович</b>	– <i>к.т.н., зам.директора ВНИМИ, председатель Ленинградского МРС СМР.</i>
<b>Соколов Игорь Николаевич</b>	– <i>генеральный директор АО «Метротоннельгеодезия», вице-президент СМР.</i>
<b>Стрельцов Владимир Иванович</b>	– <i>д.т.н., профессор, зав. лабораторией ВИОГЕМ.</i>
<b>Трубчанинов Анатолий Данилович</b>	– <i>д.т.н., профессор, зав.кафедрой МДиГ Кузбасского ГТУ, председатель Кемеровского РС СМР.</i>
<b>Яковлев Дмитрий Владимирович</b>	– <i>д.т.н., директор ВНИМИ, член ЦС СМР.</i>

Права и обязанности советников редакции («членов Редсовета») закреплены в Уставе редакции, утвержденном учредителями журнала.

**Принятая аббревиатура:** СМР – Союз маркшейдеров России; ЦС – Центральный Совет; МРС – межрегиональный совет; РС – региональный совет; «МВ» - журнал «Маркшейдерский вестник».

**50 ЛЕТ КАФЕДРЕ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА, ГЕОДЕЗИИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

В октябре 2003 г. Пермский государственный технический университет празднует свое пятидесятилетие. Он был создан в 1953 г. и назывался Горный институт. Первым ректором института был Михаил Николаевич Дедюкин, горный инженер – маркшейдер по образованию, он же был первым заведующим кафедрой Геодезии и маркшейдерского дела, которая также была открыта в 1953 г. Таким образом, вместе с университетом свое пятидесятилетие празднует и кафедра. Тогда кафедра состояла из 2 преподавателей и одного лаборанта. Но институт рос, и вместе с ним росла и кафедра. В 1965 г. она стала выпускающей. Были приняты первые студенты на специальность «Маркшейдерское дело».

Создание маркшейдерской кафедры в г.Перми было обусловлено объективными потребностями горного и нефтяного производства того времени. Интенсивно работал Кизеловский угольный бассейн, строились мощнейшие калийные рудники на территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС), осваивались нефтяные богатства Западного Урала. Все это требовало квалифицированных маркшейдерских кадров. Время показало, что решение о создании кафедры в Пермском горном институте было правильным и дальновидным.

В 1965 г. заведующим кафедрой стал канд.техн. наук А.А.Кузнецов, возглавлявший кафедру до 1974 г. Требовательный, высоконравственный, бескомпромиссный доцент А.А.Кузнецов при полной поддержке Дедюкина М.И. сформировал ответственный коллектив кафедры, материально-техническую базу, учебно-методическое обеспечение. Он постоянно работал сам и вместе с ним весь коллектив над совершенствованием учебных планов, отвечающих современным требованиям развивающихся горнодобывающих отраслей.

Объем научно-исследовательских работ на кафедре увеличился с приходом на должность зав.кафедрой доцента А.Г.Шадрина. С 1974-1979 гг. кафедра стала специализироваться по направлению изучения процесса сдвижения горных пород от вредного влияния горных работ и разработки мер охраны зданий, сооружений и природных объектов на рудниках Верхнекамского калийного месторождения и Зырянских месторождений Восточного Казахстана.

В 1975 г. кафедра стала обучать студентов по специальности «Инженерная геодезия» и в 1977 г. разделилась на две – «Маркшейдерское дело» и «Инженерная геодезия». В 1994 г. в связи с реорганизацией института эти две кафедры снова объединились в одну – «Маркшейдерское дело и геодезия» и готовит инженеров двух специальностей: горных инженеров-маркшейдеров и инженеров-геодезистов по специальности «Прикладная геодезия». В 1997 г. в связи с интенсивным внедрением в учебный процесс и в научные работы ГИС-технологий кафедра стала

называться маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем.

В 1979 г. заведующим кафедрой становится канд.техн.наук Шаманская А.Т. – известный в стране специалист в вопросах определения исходного напряженного состояния нетронутого массива. Ее заслуги в становлении, укреплении и развитии кафедры трудно переоценить. А.Т.Шаманская формирует молодой работоспособный коллектив. Защищают кандидатские диссертации сотрудники кафедры – аспиранты Московского горного института Замотин В. Б. (1981 г.) и Катаев А.В. (1986 г.). Приходят на кафедру канд.техн.наук, доцент Еремеев Г.А., бывший главный маркшейдер шахты ПО «Челябинскуголь», канд.техн.наук Кашников Ю.А., бывший старший научный сотрудник Восточного научно-исследовательского горнорудного института, в прошлом выпускник кафедры.

Выпуск маркшейдеров в конце 70-х начале 80-х годов достиг своего максимального значения (30-40 чел.), что объясняется, с одной стороны – борьбой за сохранение численности контингента студентов, которая велась тогда в каждом ВУЗе, с другой стороны – действительной потребностью в маркшейдерах таких крупных объединений как: «Уралкалий», «Сильвинит», «Кизелуголь», «Пермнефть». И следует отметить, что на сегодняшний день маркшейдерские отделы этих предприятий на 80-90% заполнены выпускниками нашей кафедры.

А.Т.Шаманская успешно развивает в те годы научную тематику, связанную с прогнозом удароопасности золоторудных месторождений Урала, в первую очередь Кочкарского и Быньговского. В восьмидесятих годах выполняются также научные исследования и по другим направлениям:

- инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности на шахтном поле БКПРУ-3 ПО «Уралкалий» (канд.техн.наук В.Б.Замотин);
- разработка методов съемки очистных камер на рудниках ПО «Уралкалий» (канд.техн.наук Еремеев Г.А.).

В 1989 г. заведующим кафедрой становится доцент Кашников Ю.А., который в 1992 г. защищает докторскую диссертацию и руководит кафедрой по настоящее время.

В настоящее время кафедра набирает по 25 студентов на следующие две специальности:

1. «Маркшейдерское дело». Специализация «Геоинформационные системы в картографии, горном и нефтегазовом деле».
2. «Прикладная геодезия». Специализация «Геоинформационное обеспечение городского кадастра».

Специализация «Геоинформационные системы в картографии, горном и нефтегазовом деле» была утверждена УМО по горному образованию Вузов Рос-

сии при активной поддержке зав. кафедрой Маркшейдерского дела и геодезии МГГУ профессора Попова В.Н. в 1997 г. Ее введение было вызвано объективной потребностью производства в специалистах-маркшейдерах, владеющих методами создания цифровых маркшейдерских планов и карт и основами ГИС-технологий. Методическое обеспечение использования ГИС-технологий в маркшейдерском деле было разработано доцентом Катаевым А. В. Эти разработки явились основой для набора необходимых дисциплин в учебном плане для новых специализаций.

Введение специализации «Геоинформационные системы в картографии, горном и нефтегазовом деле» значительно увеличило привлекательность маркшейдерской специальности и престиж выпускника. Хорошее владение самым современным компьютерным направлением очень повлияло на его конкурентоспособность на рынке труда. Кроме того, в связи с тем, что кафедра стала специализироваться на подготовке маркшейдеров для нужд нефтегазовой отрасли, в учебный план специальности были введены следующие дисциплины нефтяной тематики и специализации в области ГИС-технологий:

- Геология нефти и газа;
- Разработка нефтяных и газовых месторождений;
- Экология и обустройство нефтепромыслов;
- Подземная гидро-газомеханика;
- Основы земельного и ресурсного кадастра;
- Теоретические основы баз данных;
- Теоретические основы ГИС;
- Создание цифровых карт;
- Решение горно-геометрических задач на базе ГИС;
- ГИС в управлении производством.

Благодаря этим дисциплинам, а также знанию ГИС-технологий выпускники кафедры успешно работают на нефтепромыслах.

Для специальности «Прикладная геодезия» были введены следующие дисциплины-специализации:

- Технология кадастровых съемок;
- Программные и технические средства автоматизации обработки информации для ГИС кадастрового типа;
- Муниципальные ГИС;
- Земельное право и правовые основы городского кадастра. Земельные отношения;
- Экономика и организация работ городского хозяйства.

Введение в учебный план специальности «Прикладная геодезия» специализации «Геоинформационное обеспечение городского кадастра» также весьма повысило конкурентоспособность выпускников. На данную специальность отмечают одни из самых высоких конкурсов при поступлении.

В настоящее время на кафедре работает следующий профессиональный коллектив:

Д.т.н., профессора: Кашников Ю.А., Шадрин А.Г.

К.т.н., доценты: Шаманская А.Т., Замотин В.Б., Катаев А.В., Кутовой С.Н., Ашихмин С.Г., Голендухин М.А., Столбов И.А., Кошкина Л.Б., Шишунов И.А.

Старшие преподаватели: Сибиряков В.Г., Волко-

ва Л.А.

Ассистенты, инженеры: Гладышев С.В., Попов С.Н., Богданец С.П., Кривенко А.А., Кашников О.Ю., Гришко С.В., Букин В.Г., Киселев А.О., Юкова Ю.И.

Учебно-вспомогательный персонал: Харцызов А.И., Пospelова Г.В., Пономарев А.И., Варнина Е.С., Темирова Э.В., Абанькин В.Н. (водитель).

Следует отметить, что в последние годы наблюдается неуклонная тенденция к снижению числа преподавателей, работающих на целую ставку. Это и понятно – в условиях крайне низкой оплаты труда работников высшей школы специалисты высокой квалификации и просто молодые люди стараются, в лучшем случае, работать на кафедрах на 0,5 ставки, а остальное время работать на стороне и зарабатывать нормальные деньги. Так сложилось и на нашей кафедре. Практически все ведущие преподаватели и молодые ассистенты (Шадрин А. Г., Замотин В.Б., Катаев А.В., Кутовой С.Н., Ашихмин С.Г., Гладышев С.В., Попов С.Н., Кривенко А.А., Гришко С.В., Букин В.Г., Киселев А.О., Юкова Ю.И.) работают на 0,5-0,25 ставки. Остальное время они тратят на работу по договорам кафедры. Следует отметить, что эта форма в настоящее время является оптимальной, так как 0,5 ставки преподаватели ведут квалифицированно, а работа по договорам исключительно повышает их научный и профессиональный уровень.

На начало 2003 г. кафедра состоит из 16 помещений общей площадью 440 м<sup>2</sup>. Касаясь оснащённости кафедры, следует отметить наличие большого числа традиционного геодезического оборудования – теодолитов, нивелиров, кипрегелей, которые обеспечивают процесс преподавания инженерной геодезии специальностей строительного и автомобильного факультетов. Это оборудование, естественно, используется и для преподавания специальностей «Маркшейдерское дело» и «Прикладная геодезия», однако кафедра, как и все кафедры России, испытывает острый недостаток современных приборов: спутниковых навигационных систем, электронных тахеометров, цифровых нивелиров. На кафедре имеется современное оборудование: два двухчастотных приемника фирмы "Leica" (System 300 на базе сенсоров SR 9500), оптические нивелиры AT-G2, N1007 (3 шт), электронный тахеометр GPT-1004, цифровой нивелир NA-3003, однако оно приобретено из средств хозяйственных работ и используется практически только для научных целей и для выполнения хозяйственных работ и используется практически только для научных целей и для выполнения хозяйственных работ. Кроме того, на кафедре имеются два автомобиля для выполнения полевых работ и обеспечения текущей деятельности кафедры: «НИВА-21213 Форс» и «УАЗ-315142».

Персональных компьютеров на кафедре свыше 30 единиц. Из них в учебном процессе задействовано 11-13, остальные обеспечивают хозяйственную деятельность. Имеются два компьютера типа "Notebook", имеются два графопостроителя (Calcomp TechJET Desinger Color 5336, Calcomp TechJET Desinger 720Ст) формата А0, лазерный цветной принтер формата А4, 3 обычных лазерных принтера и струйный цветной принтер формата А3. Имеются также два

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

сканера (один из них АЗ UMAX Mirage D-16L) и ксерокс формата А3. Это оборудование используется преимущественно при выполнении научных и производственных проектов. Хотелось бы еще отметить, что в настоящее время фактически создан и укомплектован учебно-научно-производственный класс цифровой фотограмметрии на 6 посадочных мест с использованием сетевой версии Photomod.

На кафедре имеется следующее программное обеспечение, полностью удовлетворяющее задачам учебного процесса и решению многих научных задач:

Геоинформационные системы «Geodraw/Geograph» (5 ключей), «MapInfo» (5 ключей), «ArcInfo-7.2» (5 ключей), «Arcview» (5 ключей);

Векторизаторы растровых изображений «Easy Trace» (5 ключей); «Mapedit» (5 ключей);

Пакеты по обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) «Erdas Images» (лицензия на 11 мест), «Photomod» (Лицензия на 6 мест).

Другие программные средства:

Arcview 3D Analyst (5 ключей);

Arcview Spatial Analyst (5 ключей);

Arcview Network (5 ключей);

MapBasic (1 рабочее место);

Программный комплекс "KREDO" для решения задач геодезии;

Программные комплексы "ANSYS" и "GEOTECH" для решения проблем геомеханики.

Можно утверждать, что в распоряжении кафедры имеется весьма современное аппаратно-программное оборудование, позволяющее решать задачи как учебного процесса, так и научно-производственные задачи.

Можно с полной уверенностью утверждать, что кафедра МДГиГИС развилась и достигла того относительного благополучия, прежде всего, благодаря научно-технической работе. Всем, кто преподает в высшей школе циклы технических дисциплин, уже давно ясно, что на основные технические специальности, в отличие от специальностей экономического и юридического профиля, не будет массового притока студентов, т.е. коммерческое образование, на основе которого может развиваться как материальная часть кафедры, так и повышаться оплата труда преподавателей, в значительной степени нереально для подавляющей массы технических специальностей. Коллектив кафедры это понял сравнительно быстро, однако он понял и тот факт, что перспективы развития технических кафедр заключаются, прежде всего, в тесных связях с производством, в выполнении для них серьезных исследовательских, проектных и изыскательских работ.

К 1995 г. на кафедре сложилась весьма работоспособная группа специалистов, средний возраст которых составлял 35-40 лет. Это профессор Кашников Ю.А., доценты Ашихмин С.Г., Замотин В.Б., Катаев А.В., Кутовой С.Н., Заморин А.В., Столбов И.А., Шишунов И.А., ассистенты Кислухина С.А., Киселев А.О. К этому времени уже выполнялись геодезические работы по съемке территорий, маркшейдерские работы по съемке отдельных карьеров стройиндустрии, со-

ставление проектов разработки карьеров и планов их развития. Это направление весьма благотворно отразилось на имидже кафедры в пределах территории деятельности Западно-Уральского округа Госгортехнадзора России. При поддержке Округа кафедре стали поручать все более сложные проекты открытых горных работ, и она с честью с ними справлялась. Следует отметить, что и в настоящее время проектирование и планирование горных работ на карьерах стройиндустрии занимает достойное место в технической деятельности кафедры. Особенно активно это направление развивается доцентом Замотиным В.Б.

Традиционное научное направление работы кафедры – механика скальных массивов при разработке рудных месторождений. Начиная с 1985 г. коллектив кафедры проводит масштабные работы в этом направлении для полиметаллических предприятий Республики Казахстан. Это горнодобывающие предприятия ОАО «КАЗЦИНК»: Риддерский и Зыряновский ГОКи. Исследования ведутся по следующим направлениям:

1. Инструментальные наблюдения за процессами сдвига горных пород и земной поверхности.

2. Расчеты численными и аналитическими методами параметров напряженно-деформированного состояния горного массива и земной поверхности массива при разработке рудных месторождений, оценка их влияния на поверхностные и подземные объекты.

3. Расчеты устойчивости подрабатываемых бортов карьеров. Расчеты устойчивости склонов и отвалов.

4. Расчеты параметров крепи подземных горных выработок и подземных сооружений.

5. Разработка рекомендаций по созданию наблюдательных станций для наблюдений за процессами деформирования земной поверхности при разработке рудных месторождений.

Именно научная работа на Риддерском и Зыряновском ГОКах позволила кафедре создать свою школу геомехаников, отработать основные численные модели горных пород, вырастить грамотных специалистов. По итогам этих исследований защитили кандидатские диссертации Кутовой С.Н., Ашихмин С.Г., докторскую диссертацию Кашников Ю.А.

Помимо рудников АОА «КАЗЦИНК» исследования выполнялись для Михайловского ГОКа, ОАО «Сарановская шахта «Рудная», карьера «Белый камень» ОАО «Чусовской мет.завод» и ряда других предприятий. Представляется, что это направление и в дальнейшем будет одним из основных на кафедре. Так в последнее время кафедра начала заниматься проблемами расчетов напряженно-деформированного состояния горных массивов при разработке Верхнекамского месторождения калийно-магниевого руд (ВКМКС).

1995 г. знаменуется развитием на кафедре совершенно нового направления, которое в настоящее время стало основным – механики горных пород при разработке месторождений углеводородов. Западный Урал – нефтяной регион. На кафедру уже давно об-

ращались специалисты маркшейдерских отделов нефтегазовых предприятий с предложениями о выполнении различного рода исследовательских и изыскательских работ, однако должного размаха эти работы не имели. Сказывался некоторый скепсис относительно маркшейдерии на нефти в целом, как на направлении, занимающемся чисто геодезическими работами. Специалисты кафедры еще не видели того гигантского слоя геомеханических, технических, экологических, геоинформационных и других проблем, которые связаны с маркшейдерским обеспечением деятельности нефтегазодобывающих предприятий.

Начало работ кафедры для нефтегазовых предприятий связано с решением крупной научно-технической проблемы Пермской обл. – комплексного освоения ресурсов Соликамской впадины. На территории Соликамской впадины расположено уникальное Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (ВКМКС). В настоящее время работают семь подземных калийных рудников (ОАО "Сильвинит", ОАО "Уралкалий"), на территории месторождения расположены города Березники и Соликамск, а также современные заводы и предприятия. Однако непосредственно под калийно-магниевым месторождением залегают значительные запасы нефти, в частности Уньвинское, Сибирское, Шершневское, им.Архангельского, Чашкинское, Юрчукское и ряд других нефтяных месторождений. Аномально высокий уровень техногенной нагрузки на недра в сочетании с особенностями геологической среды привел к существенному изменению естественного геодинамического режима региона ВКМКС. За последние годы на территории ВКМКС зарегистрированы 3 техногенных сейсмических события, по энергетическому классу относящихся к землетрясениям. В связи с этим встал вполне резонный вопрос: как влияет добыча нефти на территории ВКМКС на безопасную эксплуатацию калийного месторождения на изменение геодинамической обстановки в регионе в целом.

Коллектив кафедры внес весомый вклад в решение проблемы оценки геодинамической и геомеханической безопасности при отработке нефти на территории ВКМКС. Работы велись по следующим направлениям:

1. Расчеты параметров процесса сдвижения земной поверхности и горного массива при разработке нефтяных месторождений, оценка их влияния на поверхностные и подземные объекты, состояние скважин и объектов обустройства.

2. Оценка возможности возникновения техногенных сейсмических явлений при добыче нефти и газа.

3. Определение размеров предохранительных целиков под нефтяные скважины при ведении горных работ по калию на основе определения допустимых и предельных деформаций конструкции нефтяной скважины.

4. Разработка рекомендаций по созданию геодинамических полигонов для наблюдений за процессами деформирования земной поверхности при разработке нефтяных месторождений. Реализация про-

ектов создания полигонов, выполнение высокоточных наблюдений, в том числе с использованием спутниковых навигационных технологий.

В результате проведенных исследований у автора данной статьи сложилось твердое убеждение в том, что добыча нефти на территории ВКМКС практически не изменяет геодинамическую обстановку в регионе и не осложняет безопасную эксплуатацию калийного месторождения.

Многочисленные научные и практические наработки кафедры в области геомеханики и геодинамики недр при разработке нефтяных месторождений, территориально совмещенных с ВКМКС, были развиты и широко использованы при решении аналогичных проблем для нефтяных месторождений Западной Сибири и региона шельфа Баренцева моря (ОАО «Архангельскгеолдобыча»). С 1999 г. по настоящее время при активной поддержке Тюменского округа Госгортехнадзора России коллектив кафедры выполнил работы по прогнозированию оседания земной поверхности и выработке рекомендаций по созданию маркшейдерско-геодезических полигонов при разработке месторождений нефти ОАО "Сургутнефтегаз", ОАО "Юганскнефтегаз", ОАО "Славнефть-Мегионнефтегаз", ОАО "Лангепаснефтегаз", ОАО "Архангельскгеолдобыча". По результатам исследований разработаны и построены маркшейдерско-геодезические полигоны в районе городов Сургут, Мегион, Лангепас, Пыть-Ях. При этом пришло ясное понимание того, что в условиях разработки гигантских месторождений Западной Сибири полигоны следует создавать только в районе промышленной и гражданской застройки. Коллектив кафедры выполняет инструментальные геодезические наблюдения на маркшейдерско-геодезических полигонах в районе застроенной территории городов Лангепас, Пыть-Ях, Нефтеюганск, Мегион; на нефтяных месторождениях Пермской обл.; на подрабатываемой территории ОАО «Азот»; за устойчивостью нефтеналивных сооружений ОАО «Юганскнефтегаз» и ряде других объектов.

Весьма серьезные работы в области геомеханики и геодинамики недр выполнены кафедрой для газоконденсатных месторождений Астраханского и Уренгойского. Следует отметить, что проблемы геодинамического или, скорее, геомеханического характера в последние годы со всей остротой встают перед специалистами нефтегазовых отраслей. Ярким подтверждением этому является проведение уже двух Европейских конгрессов по механике горных пород (EUROCK-94, EUROCK-98) а также национальных конгрессов отдельных стран по проблемам, связанным с нефте- и газодобычей. Среди вопросов, представляющих интерес, как для науки, так и практики нефтедобычи, а также безопасности работ и окружающей среды, являются вопросы устойчивости скважин, сокращения расходов на их проведение и крепление, уплотнения коллекторов и изменение в связи с этим их фильтрационно-емкостных свойств и режима нефтедобычи, сдвижение горных пород и земной поверхности и оценка ущерба, наносимого

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

данными процессами, техногенные землетрясения и прогноз опасности возникновения опасных природно-техногенных явлений.

Для Уренгойского и Астраханского газоконденсатных месторождений был выполнен следующий комплекс работ:

1. Прогноз статических величин сдвижений земной поверхности при добыче газа и оценка их воздействия на инженерные сооружения.

2. Оценка возможности возникновения техногенных сейсмических явлений и расчет магнитуды событий (для АГКМ).

3. Разработка на основе расчетных данных оптимальной схемы закладки реперов наблюдательной станции с учетом концентрации их в районе промышленной и гражданской застройки.

4. Разработка методики выполнения геодезических наблюдений с максимальным использованием геодезической спутниковой системы.

5. Предрасчет точности выполняемых работ, разработка рекомендаций по периодичности наблюдений.

Работы кафедры в области геомеханики при разработке месторождений углеводородов не ограничиваются прогнозом оседания и выработкой рекомендаций о необходимости создания маркшейдерско-геодезических полигонов. Оценка изменения НДС горного массива вокруг нефтяных скважин и оценка устойчивости конструкции скважины – одно из актуальных геомеханических направлений. Это направление развито на кафедре при расчете НДС конструкции скважины в интервале соляных пород территории ВКМКС и при разработке геомеханической модели деформирования и разрушения конструктивных элементов нефтяных скважин в интервалах люлинворских глин на территории Западной Сибири. В последующем основные методические подходы были использованы при оценке прочности конструкции сверхглубокой скважины «Светловская-1» (регион р.Волги) в интервалах соляных пород.

Совершенно новым и весьма перспективным направлением, развиваемым кафедрой в области механики горных пород при разработке месторождений углеводородов является механика деформирования продуктивного коллектора и разработка рекомендаций по оптимизации режимов работы скважин. В процессе падения пластового давления происходит рост эффективных напряжений в продуктивных объектах, что, в свою очередь, приводит к их деформированию, смыканию трещин, и, как следствие, изменению поровой и трещинной проницаемостей. Эти эффекты можно описать пользуясь законами геомеханики. Это направление обещает стать весьма перспективным, однако оно требует знания не только геомеханики, но и геологии нефти и газа, гидромеханики, физики пласта, теории разработки месторождений нефти и газа.

Мировой опыт развития геомеханики указывает на приоритет использования численных методов для расчета НДС горных массивов. Аналитические мето-

ды не потеряли своей актуальности, однако они постепенно вытесняются численными методами, позволяющими учитывать самые разнообразные геолого-технические ситуации, неоднородность среды, сложные модели поведения массива пород. Можно с полным основанием утверждать, что в ближайшие 20 лет будут доминировать современные программные комплексы для расчетов НДС массивов. При этом возможно широкое использование только сертифицированных и тестированных пакетов, признанных на мировом уровне, таких, например, как специализированные пакеты фирмы «ITASKA» или программы, разработанные инженерным бюро проф.В.Виттке (FEST-03, HYD-03 и др.) для решения задач геомеханики. Использование для решения сложных задач геомеханики несертифицированных и нетестированных пакетов, разработанных отдельными Российскими специалистами или небольшими группами специалистов представляется малоперспективным и нецелесообразным занятием, так как любая серьезная экспертиза проекта забракует эти расчеты.

Следует отметить, что кафедра имеет весьма серьезный опыт разработки и использования программных продуктов для решения задач механики горных пород. Первые разработки были начаты в 1992 г. и были связаны с численной реализацией методов конечных элементов (МКЭ) довольно сложной модели деформирования скального трещиноватого массива, учитывающего дилатансию пород и их деформирование как в допредельной, так и в запредельной стадии по системам трещин. Модель была реализована в программном комплексе «GEOTECH» и с успехом использовалась для решения многих задач расчета НДС скальных массивов. Однако в настоящее время специалисты кафедры используют в основном программный комплекс «ANSYS». Этот пакет, разработанный американским аэрокосмическим агентством «NASA», преимущественно для проблем машиностроения, благодаря своим громадным возможностям позволяет с успехом решать большинство задач горной геомеханики, при этом встроенные утилиты программирования позволяют реализовывать сложные модели поведения горного массива. Освоение этого программного пакета явилось новым этапом в развитии геомеханики на кафедре. В настоящее время реализованы следующие особые модели геомеханики:

1. *Модель деформирования скального трещиноватого массива, учитывающая деформирование по системам трещин в допредельной и запредельной стадиях.* Модель используется для расчета параметров процесса сдвижения горных массивов при разработке рудных месторождений, оценки устойчивости бортов карьеров, расчетов параметров НДС массивов вокруг подземных выработок рудных месторождений, оценки магнитуд техногенных сейсмических событий.

2. *Шатровая модель деформирования слабых и средней прочности массивов, учитывающая как возможность разрушения горной породы, так и ее уп-*



лотнение вследствие уменьшения пористости материала. Модель используется для расчетов сдвижений горных пород при разработке месторождений углеводородов, уплотнения коллекторов, поведения под нагрузкой глинистых и пористых горных пород.

3. *Модель деформирования соляных пород, учитывающая первичную, вторичную и третичную ползучести, а также разрушение соляных пород.* Модель используется для расчета параметров процесса сдвижения при разработке соляных месторождений, расчетов параметров НДС массивов вокруг подземных выработок месторождений калийно-магниевых солей.

4. *Модель консолидации грунтов и горных пород, учитывающая деформирование под нагрузкой пористых материалов, изменение нейтрального и эффективного давлений.* Модель используется для расчетов НДС горных пород при разработке месторождений углеводородов, НДС коллекторов, поведения под нагрузкой грунтовых материалов.

Все модели реализованы методом конечных элементов в программных комплексах «ANSYS» (разр. в США) и «GEOTECH» (авторская разработка). Первая модель реализована в объемной постановке. Имеющиеся модели широко использовались при расчете параметров НДС горных массивов при разработке месторождений руд цветных металлов Казахстана и Урала, Михайловского карьера, Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей, месторождений нефти Западной Сибири, Баренцева региона и региона Западного Урала, Астраханского и Уренгойского газоконденсатных месторождений.

С появлением современных компьютеров стало возможным развитие нового направления – геоинформационных систем. Начало работ кафедры в области ГИС-технологий связано с 1997 г., когда началось интенсивное внедрение цифровой картографии в оперативную деятельность маркшейдерских служб нефтегазодобывающих предприятий. В короткие сроки для ЗАО «ЛУКойл-Пермь» был создан основной масштабный ряд цифровых топографических карт на нефтяные месторождения предприятия. В 1999-2002 гг. велась разработка геоинформационных систем безопасной эксплуатации нефтепроводов и газопроводов. Интересные проекты в этом направлении были выполнены для ЗАО «ЛУКойл-Пермь», ООО «Пермтрансгаз», ОАО «Юганскнефтегаз». Это направление продолжает развиваться на кафедре и в настоящее время.

Однако наиболее масштабные работы в области ГИС-технологий выполняются кафедрой для горнодобывающих предприятий калийной отрасли – ОАО «Сильвинит» и ОАО «Уралкалий». Во главе этого направления стоят доценты Катаев А.В., Кутовой С.Н.

Разрабатывая идеологию освоения информационных систем на предприятиях Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей сотрудниками кафедры было принято решение о поэтапном внедрении её элементов. На первом этапе, с учётом

многих критериев, было принято решение об использовании в качестве рабочего программного средства в маркшейдерских отделах геоинформационной системы Mapinfo.

На этом этапе наработана методика создания цифровых маркшейдерских планов рабочих пластов и территории промплощадки, разработаны классификаторы объектов горного производства и земной поверхности. По каждому пласту рудников ОАО «Сильвинит» созданы цифровые маркшейдерские планы. Уже на первом этапе цифровые планы были использованы для планирования горных работ на очередной календарный срок. И одновременно с этим вскрылись задачи следующего этапа. Пополнение и анализ цифровых планов возможно и в существующей ГИС, но эффективность работы повышается, если использовать специальные программные средства. Таким образом, задачами второго этапа послужило создание специальных программных средств для работы с цифровыми маркшейдерскими планами.

В рамках этой работы были обследованы ряд отделов каждого рудника и спроектирована структура информационной системы ряда отделов. Разработаны программные средства, предназначенные решать задачи маркшейдерской службы (обработка полевых измерений, автоматизированное пополнение цифровых маркшейдерских планов, расчёт потерь и разубоживания и другие работы). Для сотрудников геологической службы разработаны приложения по созданию базы первичной информации (скважины, пробы, рассолы), автоматизированной обработке полевых зарисовок участков геологов, расчёту вторичных документов (колонки на проектный участок, расчёты содержания полезного компонента и т.д.).

В процессе планирования горных работ обычно рассматривается несколько вариантов развития и по ним выбирается оптимальный. Созданное приложение для планирования различных вариантов ведения горных работ на основе цифровых планов позволяет сократить сроки проектирования. В будущем это средство предполагается дополнить алгоритмами оптимизации.

Оригинальным примером использования цифровых планов послужила разработка программного средства по расчёту вентиляционных сетей. Дугами графа вентиляционной сети служат оси выработок. Такой подход позволил в динамике отображать загазованные выработки сразу на цифровых маркшейдерских планах при моделировании возгорания в текущей позиции. В настоящее время ведётся работа по созданию трёхмерного изображения к плану ликвидации аварий.

Можно смело утверждать, что кафедра Маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем Пермского государственного технического университета встречает свое 50-летие в расцвете творческих сил. Коллектив кафедры молод и талантлив, ему по плечу решение основных задач учебного процесса и многих задач горной и нефтяной науки.

За 50 лет своего развития кафедра стала на-

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

стоящей кузницей маркшейдерских и геодезических кадров для геодезических, горнодобывающих и нефтегазодобывающих предприятий не только западного Урала, но и всей России: ЗАО "ЛУКойл-ПЕРМЬ"; ОАО «ЛУКойл-Пермнефть», ОАО "Сургутнефтегаз", ОАО "Уралкалий", ОАО "Сильвинит", ОАО "Азот", ОАО «Астраханьгазпром», ОАО "Юганскнефтегаз", ОАО «ТАТнефть», ОАО «Удмуртнефть», ОАО «Башнефть», ОАО «ЛУКойл-Западная Сибирь», ФГУП «Уралземкадастръемка», ФГУП «Уралмаркшейдерия», ООО «Недра» (г.Пермь), ООО «Недра» (г.Челябинск), ООО «Тримм» и многих других.

На цветной схеме СНГ (стр.8) представлены основные научные и производственные проекты кафедры за последние пять лет. Мы надеемся, что география этих работ будет расширяться и укрупняться. **В мае-июне 2004 г. мы планируем проведение научно-практической конференции «Новые технологии в маркшейдерии», посвященной 50-летию кафедры. Конференция будет проходить на комфортабельном теплоходе по рекам Кама и Волга. Ждем Вас, дорогие друзья!**

*Ю.А.Кашников, д-р техн. наук, проф. зав.каф.МДГиГИС  
ПермГТУ*

*Ю.А.Кашников, С.Г.Ашихмин, А.Н.Шабаров, С.Л.Одинцов, А.В.Постнов*

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ «КОНЦЕПЦИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОСВОЕНИЯ АГКМ»

Многочисленные и все возрастающие случаи опасных геомеханических и техногенных сейсмических явлений, связанные с освоением недр, а именно: с добычей твердых полезных ископаемых, разработкой месторождений углеводородного сырья, строительством высотных плотин, закачкой отходов производства в глубокие поглощающие горизонты, заставляют рассматривать эти факторы как неотъемлемую характеристику техногенного воздействия человека на недра. Помимо чисто экологических и технологических опасностей, которые приносят данные явления, они становятся в отдельных случаях фактором социально-экономической напряженности региона освоения недр. Вместе с тем, познание геодинамических и геомеханических факторов, умелое управление ими и даже их использование может значительно повысить экономичность освоения недр.

Общепризнанно, что один из наиболее существенных видов техногенного воздействия на недра связан с добычей нефти и газа. Функционирование нефтегазового комплекса уже приводило к хорошо известным негативным экологическим последствиям на поверхности земли и в атмосфере: нарушению и загрязнению земель при строительстве объектов нефтегазодобычи, выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, сбросам нефти в поверхностные и подземные воды, захоронению отходов бурения и переработки сырья, аварийным разливам нефти и нефтепродуктов. Многочисленные факты, полученные в ряде стран и регионов (США, Канада, Франция, Венесуэла, Китай, Россия, Азербайджан, Узбекистан, Туркменистан, Северное море и др.) показали, что разработка нефтяных и газовых месторождений и связанные с ними изменение пластового давления, различные виды воздействия на залежь для поддержания пластового давления и повышения нефтеотдачи и др., нарушают природное напряженно-деформированное состояние недр, создавая предпосылки для возникновения сильных и даже катастро-

фических природно-техногенных явлений, которые приводят к повреждениям и авариям систем и объектов обустройства, а также скважин и коммуникаций [1,2,3].

Следует, однако, отметить, что сильные и, в ряде случаев, катастрофические геодинамические события природно-техногенного генезиса на разрабатываемых месторождениях углеводородов и других природно-технических системах и объектах нефтегазового комплекса представляют сравнительно редкое явление, опасность которого не стоит преувеличивать, однако не стоит и недооценивать. Прогнозирование этих событий и снижение масштабов их последствий является актуальной проблемой, поскольку их возникновение может иметь катастрофические для предприятия последствия.

Другой чрезвычайно важный аспект геомеханического поведения горных пород при освоении недр связан с их использованием для повышения эффективности добычи нефти и газа. Устойчивость скважин тесно связана с геомеханическими характеристиками массива его структурными особенностями и его исходным напряженным состоянием. Продуктивность скважин теснейшим образом зависит от наличия дренажно-канальных трещинных систем в коллекторе и от смыкаемости трещин в ходе падения пластового давления. Фильтрационно-емкостные свойства продуктивных объектов также меняются в ходе изменения пластового давления и в значительной степени определяются происходящими геомеханическими и геодинамическими процессами. Познание механических процессов, происходящих в недрах, может помочь в определении мест заложения новых скважин и определении плотности сетки скважин в целом.

Проблемы геомеханического и геодинамического характера встали в последние годы и перед предприятием «Астраханьгазпром», разрабатывающим гигантское Астраханское газоконденсатное месторождение (АГКМ). Нарушения скважин, нарушения гид-

родинамического режима разработки месторождения, возможные просадки земной поверхности, вероятность возникновения техногенных сейсмических явлений – на всё это обратили внимание ведущие специалисты предприятия, проектировщики и ученые. Резюмируя сведения по геологическому и гидрогеологическому строению АГКМ, следует отметить, что к газовым месторождениям мира, на которых зафиксированы опасные природно-техногенные явления; Астраханское ГКМ довольно близко стоит по своим геологическим и геомеханическим параметрам. В пользу этого свидетельствует трещиноватость и тектоническая нарушенность коллектора, высокие прочностные и деформационные характеристики коллектора, аномально высокое пластовое давление. Большая глубина и большие размеры АГКМ могут явиться дополнительным фактором, осложняющим геодинамический и геомеханический режим разработки этого месторождения.

Эти проблемы обусловили необходимость создания **«Концепции геодинамической и геомеханической безопасности освоения АГКМ»**.

К настоящему времени изученность геодинамических и геомеханических процессов, сопровождающих разработку АГКМ, находится в начальной стадии. Тем не менее, указанные процессы изучены в такой степени, которая позволяет приступить к разработке Концепции.

Безусловно, что толчком к проведению геодинамических исследований на АГКМ послужила разработанная В.А.Сидоровым в 1995-1996 гг. программа «Комплексное изучение современных сейсмодеформационных и флюидодинамических процессов с оценкой риска возникновения возможных негативных социально-экономических и экологических последствий при разработке АГКМ». Однако данная Программа в силу различных причин не была профинансирована.

К 2000 г. отдельные геодинамические исследования были проведены специалистами АНИПИГАЗ [4]. Они касались в основном атмогеохимических исследований и выделения сети линеаментов, результаты которых косвенно указывали на геодинамическую активность недр АГКМ. Отдельные специалисты указывали в своих статьях на многочисленные случаи негативного проявления геомеханических и геодинамических процессов, однако, они носили, чаще всего, описательный характер.

Первые серьезные исследования проблем геодинамической безопасности АГКМ были выполнены в 2000 г. специалистами Пермского государственного технического университета [5,6]. В ходе выполнения научно-исследовательской работы "Предварительный прогноз оседания земной поверхности и разработка рекомендаций по их мониторингу при дальнейшей отработке АГКМ» был выполнен не только прогноз оседания горного массива и земной поверхности, но и разработан и согласован в Госгортехнадзоре России проект наблюдательной станции по их контролю. Кроме того, был выполнен комплекс геомеха-

нических исследований, включающий испытания физико-механических свойств образцов коллектора, разработку геомеханических моделей АГКМ, оценку магнитуд возможных техногенных сейсмических явлений. Представленные в ходе выполнения НИР фрагменты геомеханических приложений отдельных задач разработки АГКМ показали высокую актуальность и эффективность использования геомеханических подходов. Было отмечено, что их внедрение требует постановки серьезных исследований, однако авторы выполненных исследований глубоко убеждены в их перспективности.

Резюмируя имеющиеся результаты геомеханических и геодинамических исследований на месторождении можно отметить, что на сегодняшний день:

- выполнены серьезные атмогеохимические исследования;
- разработан и реализован проект маркшейдерско-геодезической наблюдательной станции за деформированием земной поверхности, включающий как традиционные методы наблюдений, так методы спутниковых навигационных систем;
- в весьма ограниченном объеме выполнены исследования физико-механических свойств вмещающих пород и коллектора;
- разработаны объемная и плоские модели АГКМ, реализованные методом конечных элементов, позволяющие в первом приближении рассчитывать напряженно-деформированное состояние горного массива;
- выполнены расчеты оседания горного массива при разработке АГКМ с учетом падения пластового давления до 2010г.;
- предпринята попытка дать научно обоснованный ответ на вопрос о возможности возникновения техногенных землетрясений при разработке АГКМ и получены ориентировочные значения магнитуд техногенных сейсмических событий.

Все это позволило подойти к разработке «Концепции геодинамической и геомеханической безопасности освоения АГКМ» и определить основную цель и задачи Концепции.

*Основная цель Концепции состоит в разработке основных принципов стратегии и путей реализации геомеханической и геодинамической безопасности ООО "Астраханьгазпром", направленной на обеспечение защищенности природной среды и объектов газового комплекса от воздействия природно-техногенных геодинамических процессов и на основе познания этих процессов повышения эффективности разработки АГКМ.*

*Исходные задачи Концепции ориентированы на:*

- изучение природного геодинамического состояния недр в районе разработки АГКМ и оценку влияния современных геодинамических и геомеханических процессов на природно-технические системы газового комплекса;

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

- прогноз опасных природно-техногенных явлений при разработке АГКМ и разработка превентивных мероприятий, снижающих или исключающих вероятность возникновения данных явлений;
- разработку и внедрение методов мониторинга геодинамических и геомеханических процессов, сопровождающих разработку АГКМ, обеспечивающих принятие превентивных мер по предотвращению опасных природно-техногенных явлений;
- создание системы комплексных оценок риска возникновения чрезвычайных геодинамических событий природно-техногенного генезиса и прогнозирования геоэкологических процессов и их последствий при разработке АГКМ;
- разработку и внедрение технологических решений, основанных на познании геодинамических и геомеханических процессов, способствующих повышению эффективности разработки месторождения.

Решение поставленных задач требует определения основных направлений дальнейших исследований и разработки программы работ по их реализации.

Структура Концепции приведена на схеме (рис. 1). Из нее следует, что дальнейшие исследования геомеханических и геодинамических проблем должны быть сконцентрированы на следующих основных блоках.

1. Блок многофункционального мониторинга природных и техногенных (в том числе геоэкологических) процессов и явлений, состоящий из:

- блока деформационного и аэрокосмического мониторинга, включающего совокупность методов наблюдений, обеспечивающих получение информации о довременном напряженно-деформированном состоянии геологической среды;
- блока сейсмологического мониторинга, включающего совокупность методов регистрации местных землетрясений природного и техногенного характера и исследование сейсмического режима территории;
- блока геофизического мониторинга, включающего совокупность методов, обеспечивающих получение информации о вариациях геофизических полей на территории АГКМ;
- блока гидрогеологического и атмогеохимического мониторинга, а также мониторинга естественного импульсного электромагнитного излучения (ЕЭМИ), обеспечивающего получение информации о подземной и наземной гидросфере и динамическом состоянии флюидных систем природного и техногенного генезиса.

2. Блок промыслово-геологических и геомеханических исследований, состоящий из:

- блока изучения и анализа физико-механических свойств продуктивного коллектора и вмещающих пород, обеспечивающего получение дан-

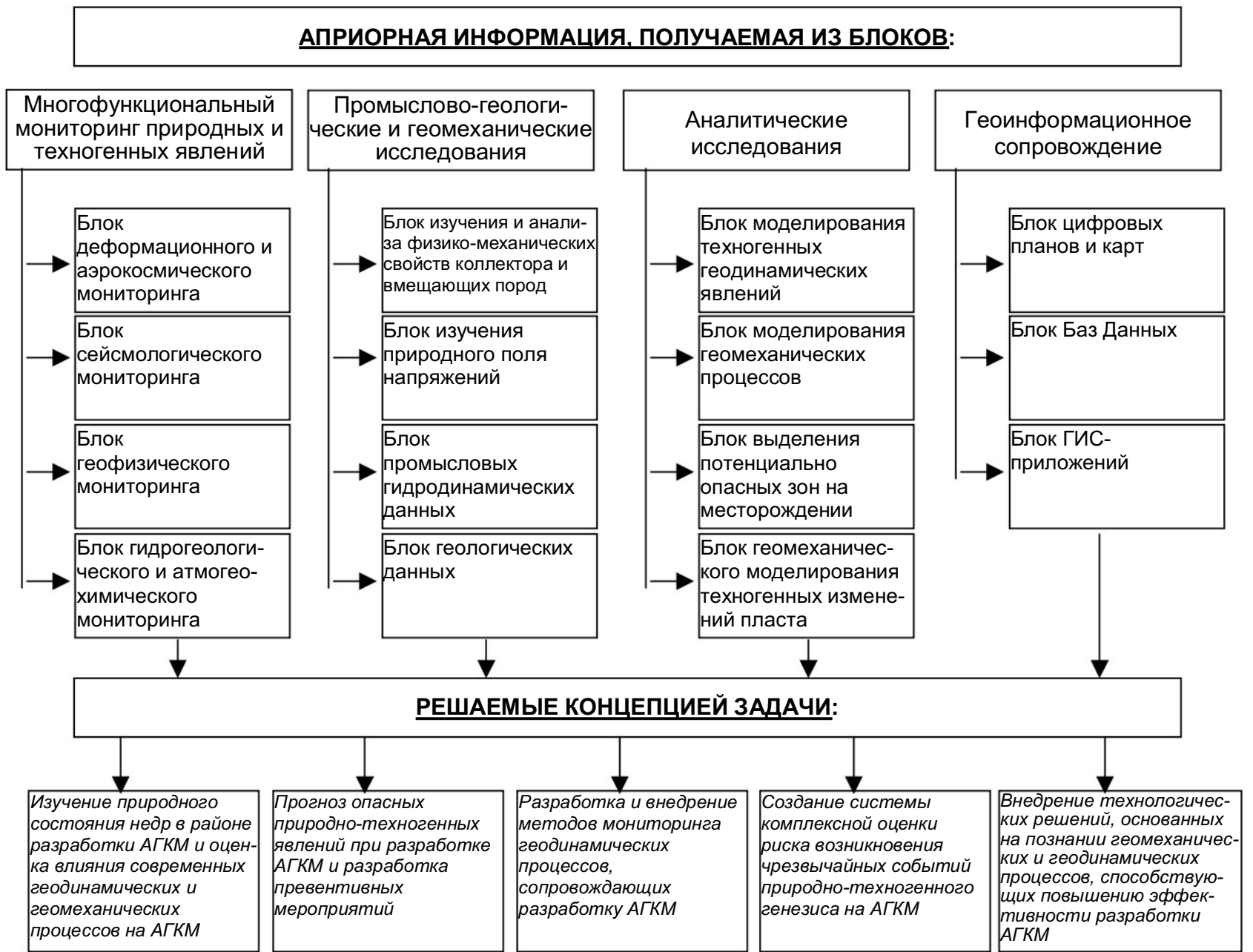
- ных о геомеханических характеристиках АГКМ;
- блока изучения природного поля напряжений, без знания которого невозможны объективные расчеты геомеханических и геодинамических параметров геологической среды и устойчивости подземных сооружений;
- блока промысловых данных, включающего результаты гидродинамических и геофизических исследований скважин, обеспечивающего получение информации о состоянии залежи и ее техногенных изменениях;
- блока геологических данных, включающего результаты геодинамического районирования месторождения на предмет выделения активных разломов и геологической изученности пласта.

3. Блок аналитических исследований, состоящий из:

- блока моделирования техногенных геодинамических явлений при разработке АГКМ, включающего оценку возможности возникновения техногенных и техногенно-индуцированных сейсмических явлений и их магнитуды;
- блока моделирования геомеханических процессов при разработке АГКМ, включающего прогноз оседания и горизонтальных сдвижений, устойчивость скважин под влиянием горного давления и процессов сдвига горных пород, устойчивость резервуаров ПХГ;
- блока выделения потенциально опасных зон на месторождении и в прилегающей к нему территории на основе геодинамического районирования и оценку устойчивости в данных зонах сооружений и объектов к геомеханическим и геодинамическим воздействиям;
- блока геомеханического моделирования техногенных изменений пласта в процессе работы скважин и в процессе воздействий на пласт, включающего моделирование гидроразрыва, расчеты НДС массива вокруг скважин и соответствующее изменение ФЕС в ходе падения пластового давления, раскрытие и смыкаемость трещин, определение мест рационального заложения скважин, геомеханические расчеты по оптимизации конструкции скважины, разработку рекомендаций по увеличению и сохранению продуктивности скважин.

4. Блок геоинформационного сопровождения, состоящий из:

- блока цифровых планов и карт, обеспечивающего реализацию Концепции цифровой картографической основой;
- блока Баз Данных, обеспечивающего Концепцию развернутыми и заполненными базами данных, привязанными к цифровой картографической основе;
- блока ГИС - приложений, обеспечивающего автоматизацию геомеханических, геодинамических и гидродинамических расчетов, их визуализацию с целью принятия оперативных управленческих решений.



**Рис. 1. Структура Концепции геодинамической и геомеханической безопасности освоения АГКМ**

Реализация «Концепции геодинамической и геомеханической безопасности освоения АГКМ» предусматривает долговременную программу работ, поскольку накопление сведений, необходимых для надежного решения проблем техногенной геодинамики и геомеханики требует многолетних работ. На сегодняшнем этапе экономического развития ООО «Астраханьгазпром» и страны в целом относительно определено можно планировать исследования не более чем на 4-5 лет. В связи с этим в рамках данной Концепции дается программа работ на 2002-2005 гг., т.е. на 4 года (Первый этап) и на перспективу до 2010 г.

Результаты первого этапа станут отправной базой для последующих геодинамических исследований. Предполагается, что в последующие годы внимание должно быть сконцентрировано на следующих работах:

1. Систематическое выполнение работ в части

маркшейдерско-геодезического, сейсмологического микрогравиметрического и атмогеохимического мониторинга с уточнением объемов работ, их приоритетности и направленности.

2. Уточнение физико-механических свойств пород и структурно-тектонических особенностей массива на участках, опасных по геодинамическим и геомеханическим проявлениям.

3. Уточнение разработанных геодинамических и геомеханических моделей АГКМ и создание новых моделей, отражающих новые закономерности деформирования массивов.

4. Расширение геоинформационной основы мониторинга как единой основы для принятия оперативных и стратегических управленческих решений.

5. Совершенствование методической, правовой и законодательной базы Концепции.

Комплексная научно-техническая программа (1 этап: 2002-2005 гг.) предусматривает обширные мно-

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

гоплановые работы, широкий научный анализ и разработку рекомендаций по снижению геодинамической нагрузки на недра и по внедрению геомеханических и геодинамических исследований в практику проектирования и разработки Астраханского газоконденсатного месторождения.

Реализация первого этапа данной Программы позволит перейти к реализации всей Концепции геодинамической и геомеханической безопасности освоения АГКМ.

### Литература

1. А.И.Гриценко, Г.А.Зотов. Научно-прикладные геодинамические проблемы разработки месторождений природного газа. – В кн. Проблемы геодинамической безопасности.-ВНИМИ.-С.-Петербург.-1997.– с.186-193.

2. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. – М.: Агентство экономических новостей, 1999.-220с.

3. В.А.Сидоров, Ю.И.Кузьмин, А.М.Хитров. Концепция «Геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр России» – М. Изд.ИГиРГИ, 2000.-56с.

4. Постнов А.В., Рамеева Д.Р., Рожков В.Н. Эманационная съемка при решении эколого-геодинамических задач. – В кн. Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений. Труды АНИПИГАЗ. – 2001. – с.303-306.

5. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г., Одинцов С.Л., Постнов А.В. Предварительный прогноз и контроль геодинамических процессов при разработке АГКМ. - В кн. «Геодинамическая и экологическая безопасность при освоении месторождений газа, его транспортировке и хранении». Санкт-Петербург. – 2001. – с.79-86.

6. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г., Одинцов С.Л., Постнов А.В. Техногенные геодинамические процессы при разработке АГКМ. Газовая промышленность. 2002. №1. С.81-83.

*Ю.А.Кашников, С.Г.Ашихмин  
(Пермский государственный технический университет)"  
А.Н.Шабаров (ФГУП ВНИМИ); С.Л.Одинцов, А.В.Постнов  
(ООО «Астраханьгазпром»)*

*С.Г.Ашихмин, Ю.А.Кашников, А.И.Ананин, С.И.Фаустов, Е.В.Бегляков*

### АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТВОЛА ШАХТЫ «ТИШИНСКАЯ» ТИШИНСКОГО РУДНИКА

Тишинское свинцово-цинковое месторождение (Республика Казахстан), представленное мощной крутопадающей рудной залежью, вскрыто наклонным съездом и 4-мя вертикальными шахтными стволами. Ствол ш."Тишинская", расположенный на удалении  $\approx 1200$  м к югу от рудного тела, пройден в массиве отложений белоубинской свиты средне-верхнего девона, сложенной углисто-глинистыми алевролитами и олигомиктовыми песчаниками. Простираение пород субширотное, осложненное несколькими флексурными изгибами и мелкой складчатостью. Падение пород крутое под углами  $75-90^\circ$ . При проходке нижних горизонтов ствола были встречены следующие виды пород: алевролиты, микрокварциты, песчаники. Алевролиты, от темно-серых до черных, имеют алевроитовую структуру, сланцеватую и плейчатую текстуру и неравномерное окремнение. Отмечается окварцевание и карбонатизация прожилкового типа мощностью до 10-25 мм, реже до 50 мм. Породы трещиноватые с трещинами, в основном, закрытого типа и развитыми по рассланцеванию. Заполнителем трещин является кварц и карбонат. Степень трещиноватости алевролитов с глубиной постепенно уменьшается [1].

При проведении планового осмотра в мае 1999 г. в северо-восточной части ствола были выявлены нарушения бетонной крепи и деформации расстрелов. Нарушения зафиксированы в районе 16-ого горизонта в интервале длиной  $\approx 120$  м (48 м выше 16-

ого горизонта и 76 м ниже) по его северо-восточной части. На этом участке образовалась трещина с раскрытием до 10 мм и расстояние между противоположными проводниками уменьшилось по сравнению с проектным на 1-5 см.

Анализ причин деформирования ствола был выполнен кафедрой МДГиГИС ПермГТУ совместно с институтом «ВНИИЦветмет». Рассматривались различные возможные причины нарушения крепи:

- влияние комплекса выработок породной и рудной дозаторной на уровне 16-ого горизонта и породоспуска с 13 на 16 горизонт;
- высокий уровень напряженного состояния массива на глубине 800-950 м;
- наличие геологических нарушений вблизи ствола;
- наличие в северной части ствола локального участка пород, склонных к пучению;
- низкое качество бетона на участке разрушения крепи;
- агрессивное воздействие шахтных вод на бетон крепи.

Анализ геологического строения массива в районе ствола показал, что имеет место относительно высокая прочность горных пород, их низкая трещиноватость, отсутствие в районе 16-ого горизонта крупных тектонических нарушений, т.е. тектоническая нарушенность не могла стать причиной разрушения

крепю ствола на данном участке. Причиной разрушения крепи не могли стать низкое качество бетона, его разрушение под агрессивным воздействием шахтных вод или наличие склонных к пучению пород, так как соответствующие исследования показали отсутствие этих факторов. Следовательно, наиболее вероятной причиной разрушения бетонной крепи явился высокий уровень напряженного состояния массива на глубине 800-950 м.

Для окончательного выяснения причин деформирования и разрушения крепи ствола были рассмотрены следующие вопросы:

- каков запас прочности крепи ствола в естественном поле напряжений;
- какова степень влияния выработок рудовыдающего комплекса 16-ого горизонта на напряженно-деформированное состояние крепи ствола.

Оценка прочности крепи ствола выполнялась аналитическими и численными методами.

Аналитический расчет производился по методике Н.С.Бульчева [2] с применением коэффициентов передачи нагрузок (контактных напряжений), т.е. крепь рассматривалась как многослойное круговое кольцо, подкрепляющее отверстие в упругой плоскости. Подробное описание методики расчета имеется в работе [2]. В результате расчета получают нормальные и касательные напряжения на внутренних и внешних точках бетонного кольца крепи. Последующее сравнение полученных усредненных напряжений с соответствующими критериями прочности (в данном случае использовался критерий Кулона-Мора) позволяет сделать вывод о сохранности материала крепи.

Многочисленные признаки указывают на то, что на глубоких горизонтах Тишинского рудника присутствует тектоническое поле исходных напряжений гидростатического характера. Поэтому анализ НДС ствола ш.Тишинская был выполнен для следующих случаев:

1 – исходное поле напряжений горного массива геостатическое, т.е. горизонтальные напряжения в массиве равны  $\sigma_1 = \sigma_3 = \lambda \gamma H \approx 7,6$  МПа;

2 – исходное поле напряжений гидростатическое, т.е. горизонтальные напряжения в массиве равны вертикальным  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \gamma H \approx 27,6$  МПа;

Результаты расчета для этих вариантов исходного напряженного состояния представлены в табл. 1. Они ясно говорят о том, что при отсутствии тектонических полей напряжений крепь ствола на уровне 16-ого горизонта обладает более чем дву-

кратным запасом прочности. Однако в случае гидростатического тензора исходных напряжений прочность крепи недостаточна – предел прочности составляет 70% действующих напряжений.

Значит, в этом случае крепь ствола находится в предельном напряженном состоянии и должна разрушиться. Следует отметить, что данные расчеты выполнены в предположении об упругом характере деформирования пород. В этом заключается одно из главных ограничений всех аналитических методов расчета – они разработаны для одиночных выработок простого сечения в упругих изотропных породах. При наличии системы выработок произвольного сечения в породах с неупругим характером деформирования аналитическое решение задачи расчета НДС массива становится практически невозможным. Все сказанное напрямую относится к Тишинскому месторождению, где наличие выраженной сланцеватости пород обуславливает анизотропию упругих и прочностных свойств массива. Поэтому основной объем расчетов по анализу НДС ствола был выполнен численным методом конечных элементов с использованием однородной упруговязкопластической модели, специально разработанной для скального массива. В основе модели лежит подробный учет характерных диаграмм деформирования скальных пород по трещинам, полученных в ведущих лабораториях как России, так и за рубежом. Реализация модели согласно работ О.Зенкевича, Г.Н.Панде, В.Виттке [6-9] основана на численном решении уравнения.

$$\left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{vp} \\ \delta_T \end{array} \right\} = \begin{cases} 0, & \text{при } F_s \leq 0 \\ \frac{1}{\eta_T} \cdot F_s \cdot \left\{ \frac{\partial Q_s}{\partial \sigma_T} \right\}, & \text{при } F_s > 0 \end{cases}$$

где:  $\sigma_n, \tau_r$  – нормальное и касательное напряжения в плоскости трещины;  $\delta_T$  – вектор скорости вязкопластических смещений по трещине;  $F_s$  – критерий разрушения в плоскости слоистости;  $\eta$  – вязкость материала, заполняющего поверхность раздела;  $Q_s$  – пластический потенциал, совпадающий с условием пластичности, т.е.  $Q_s$  совпадает с  $F_s$ .

Непосредственно смещения определяются из выражения

$$\left\{ \delta_T^{\text{vp}} \right\} = \int_0^t \left\{ \delta_T \left( \left\{ \sigma_T(t) \right\} \right) \right\} dt.$$

### Расчет напряженно-деформированного состояния крепи ствола

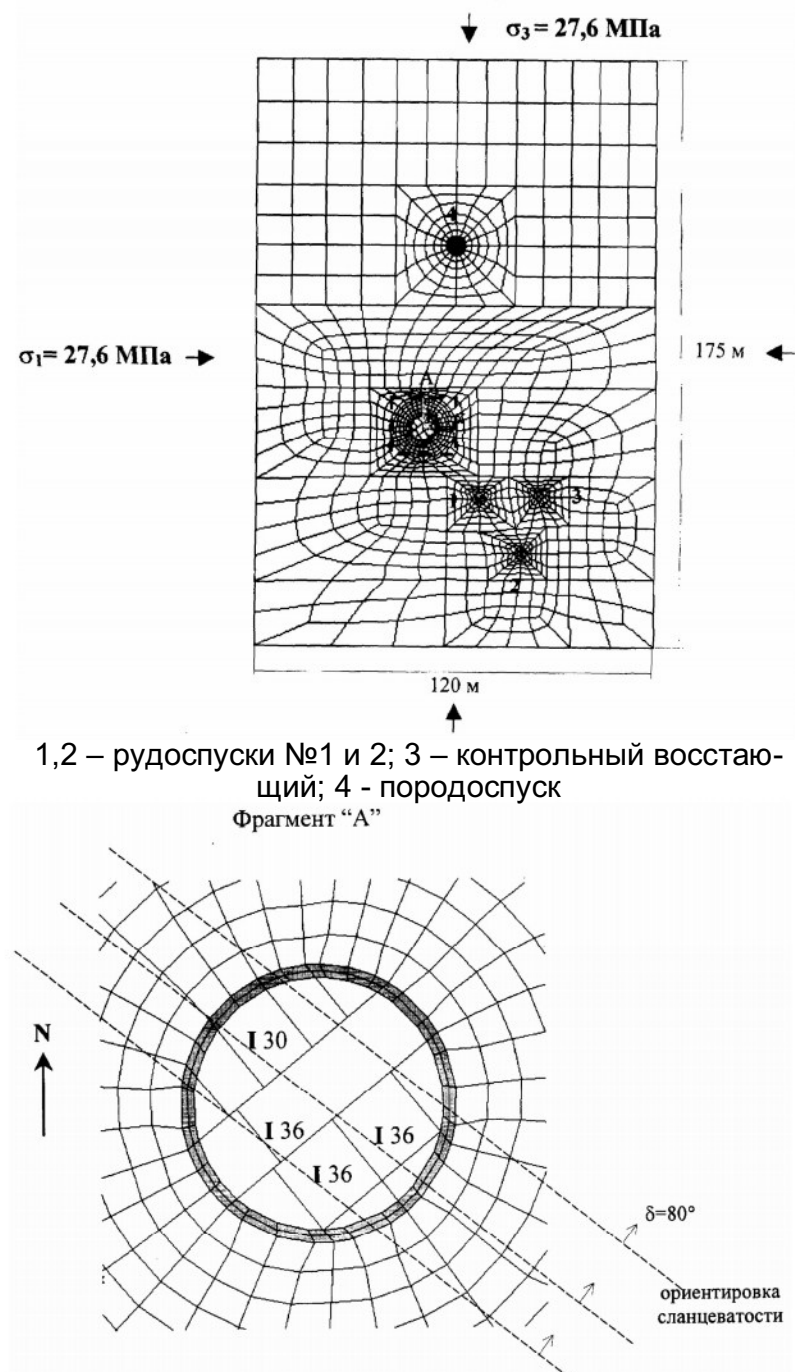
Таблица 1

Вариант расчета	$\sigma_1/\sigma_3$ , МПа	Напряжения в бетоне				$\sigma_{\text{доп.}}$ , МПа	К-т запаса прочности
		$\sigma_r^H/\sigma_r^{BH}$ , МПа	$\sigma_r^{cp}$ , МПа	$\sigma_\theta^H/\sigma_\theta^B$ , МПа	$\sigma_\theta^{cp}$ , МПа		
1	7,6/7,6	0,93/0	0,465	9,21/10,13	9,67	21,39	2,21
2	27,6/27,6	3,38/0	1,69	33,43/36,81	35,12	25,07	0,71

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

Подробная реализация модели изложена в работах [3-5]. В настоящее время разработанная численная модель имплементирована в конечно-элементный программный комплекс "ANSYS", который является одним из мировых лидеров среди программных средств подобного назначения. Отлаженность программного комплекса, большой набор сервисных функций, возможность решения трехмерных задач исключительно расширяют возможности геомеханического анализа различных горнотехнических задач.

Конечно-элементная модель ствола и горного массива показана на рис. 1. Она предназначена для подробного анализа НДС крепи и армировки, а также для анализа влияния выработок рудовыдающего комплекса в районе 16-ого горизонта на состояние крепи и армировки ствола. Армировку ствола моделируют специальные балочные элементы, которым заданы характеристики стальных двутавровых балок №30 и 36.



На первом этапе были выполнены расчеты, аналогичные предыдущему разделу, т.е. определение НДС ствола ш.Тишинская после его строительства в исходном поле напряжений. Учитывалась система трещин (сланцеватость) с  $A_\delta=30^\circ$  ( $210^\circ$ ),  $\delta=80^\circ$

Как показано на рис. 2, в гидростатическом поле напряжений в бетонной крепи действительно возникают обширные зоны пластического состояния. Существенное развитие пластических зон в бетонной крепи говорит о том, что даже относительно слабое дополнительное внешнее воздействие может привести к появлению видимых признаков разрушения крепи. Таким внешним воздействием вполне могло стать строительство комплекса выдачи руды в районе 16-ого горизонта.

Конечно-элементные расчеты показывают, что после строительства этих выработок напряженное состояние крепи ствола изменяется весьма незначительно – прирост напряжений составляет  $1\div3$  МПа, что в относительных величинах составляет  $\approx 5\%$  общего уровня напряжений. Однако максимальный прирост напряжений отмечается именно в той части ствола, где зафиксировано нарушение крепи, т.е. строительство этих выработок сыграло роль спускового механизма для процесса разрушения крепи.

Естественным требованием к любой модели является ее соответствие натурным данным, т.е. результаты расчетов должны соответствовать величинам, замеренным на практике. В данном случае для этих целей использовались замеры искривления расстрелов, произведенные институтом ВНИИЦВЕТМЕТ. Были выполнены специальные расчеты искривления расстрелов после строительства выработок рудовыдающего комплекса и разрушения бетонной крепи. Для этого моделировалось разрушение бетона в соответствии с фактическим положением трещины, т.е. на локальном участке в месте заделки северного расстрела (см. рис. 2).

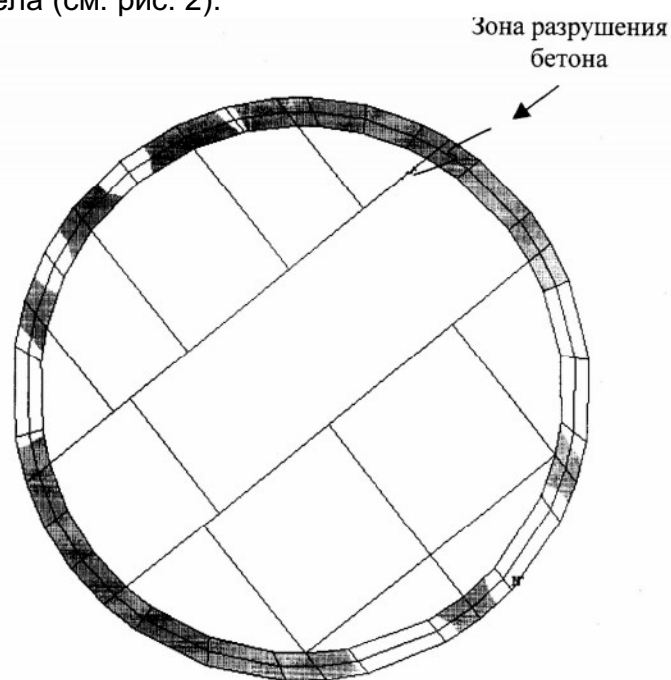


Рис. 2. Пластические зоны в бетонной крепи ствола в гидростатическом поле напряжений

Рис. 1. Конечно-элементная схема ствола шахты «Тишинская» и рудовыдающего комплекса в районе 16-го горизонта



Как показано на рис. 3, расчетные деформации расстрела при модуле упругости вмещающих пород 12000 МПа весьма близко соответствуют замеренным деформациям на ярусах 2 и 17. Более высокие величины деформаций на других ярусах могут быть объяснены локальными вариациями упругих свойств горных пород в массиве. Так, проверочный расчет при модуле упругости пород 5000 МПа показал близкое соответствие расчетных данных с деформациями расстрела на 5 ярус.

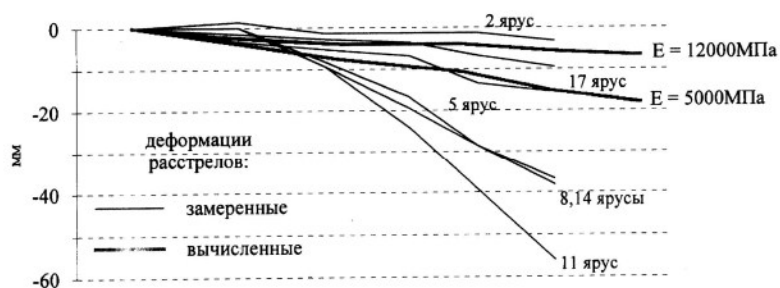


Рис. 3. Расчетные и фактические деформации расстрелов

Таким образом, численное моделирование строительства выработок комплекса выдачи руды на 16-ом горизонте говорит об их незначительном (около 5%) влиянии на напряженно-деформированное состояние крепи ствола. Однако максимум прироста напряжений наблюдается в месте зафиксированных разрушений крепи. Это свидетельствует о том, что строительство комплекса данных сооружений на 16-ом горизонте в сочетании с высоким уровнем напряженного состояния горных пород и крепи под воздействием тектонических полей напряжений явилось **непосредственной** причиной нарушения крепи. Однако **основной** причиной разрушения крепи следует считать высокий уровень исходного напряженного состояния массива, вследствие которого крепь ствола находится в предельном напряженном состоянии, а строительство выработок сыграло роль спускового механизма процесса разрушения крепи. Можно с высокой степенью уверенности предполагать, что со временем крепь была бы разрушена аналогичным образом под влиянием исходного нестационарного напряженного состояния.

Опыт строительства вертикальных шахтных стволов в 60-70-е годы не учитывал наличие высоких горизонтальных тектонических напряжений, действующих на ряде рудных месторождений, к числу которых относится и Тишинское месторождение. В связи с этим крепь ствола Тишинский на глубоких гори-

зонтах изначально оказалась не рассчитанной на высокие анизотропные поля напряжений, действующие в массиве. Аналитические и численные расчеты напряженно-деформированного состояния крепи ствола говорят о том, что крепь выдерживает нагрузки, характеризующие классическое (Динниковское) поле напряжений. В то же время при наличии в массиве пород месторождения тектонических полей напряжений прочность бетона недостаточна и крепь ствола находится в предельном напряженном состоянии.

Таким образом, в результате проведенных исследований были установлены причины деформирования и разрушения крепи ствола Тишинский и разработана численная модель, которая адекватно воспроизводит фактическое состояние ствола. Результаты численных расчетов по этой модели были использованы для прогноза дальнейшего состояния ствола и разработки мероприятий по обеспечению его устойчивости.

### Литература

1. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. -М.: Недра, 1988. -424 с.
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. -М.:Недра, 1982. -270 с
3. Кашников Ю.А., Якушина Е.М., Ашихмин С.Г. Деформирование скального массива по системам трещин.//Изв.вузов. Горный журнал. 1992. - №3.
4. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г. Прогноз параметров процесса сдвижения горных пород рудных месторождений методом конечных элементов.//Маркшейдерский вестник.-1995.-№2.-с.37-39.
5. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г., Кутовой С.Н. Сдвижение горных пород и охрана объектов на Тишинском руднике. Маркшейдерский вестник. Ч.1.1996.-№1.-с.
6. Zienkiewicz O.C., Best B., Dullage C., Stagg K.G. Analysis of non linear problems in rock mechanics with particular reference to jointed rock systems. In: Proc. 2nd Congr. ISRM, Belgrad, 1970.
7. Pande G.N., Xiong W. An improved multilaminate model of jointed rock masses. In: Proc. Int. Symp. Num. Models Geomech., Zunch, 1982.
8. Wittke W. Felsmechanik. Grundlagen fur V irtschaftlichen Bauen im Fels. Springer Verlag, Heidelberg, New York, Tokyo, 1984.
9. Erban P.J. Raumliche Finite-Element-L rechnungen an idealisirten Diskontinua unter Berucksichtigung des Scher und Dilatation vorhaltens von Trennflächen. Veroff. des Inst. fur Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Verkehrswasserbau der RWTH Aachen, Heft 14/-1986.

Ашихмин С.Г., Кашников Ю.А., (ПермГТУ) Ананин А.И., Фаустов С.И. (ДГП «ВНИИЦветмет») Бегляков Е.В. (Риддерский ГОК ОАО «Казцинк»)

А.В. Катаев, С.Н.Кутовой

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОАО «СИЛЬВИНИТ»**

На многих горнодобывающих предприятиях России геологические, маркшейдерские и технологические службы работают по устаревшей "бумажной" технологии. Этому способствует много причин – от отсутствия средств на развитие компьютерных технологий, до наличия устаревших нормативных документов. Существующая неповоротливая бумажная технология ведения горной графической документации не дает возможности оперативно проработать и быстро оценить возможные варианты технических разработок по планированию и проектированию горных работ, принять решение по выбору оборудования и параметров технологических схем отработки запасов, оперативно реагировать на возникающие внештатные ситуации.

Горная инженерия традиционно оперирует большими объемами разнохарактерных данных – текстовых, графических и цифровых. В процессе работы рудников она чрезвычайно быстро пополняется. Эффективное использование накапливающейся информации возможно только при условии её представления в виде организованных по определенным принципам компьютерных информационных массивов. На основе этой информации создаются цифровые модели объектов горного производства.

Опыт работы развитых зарубежных компаний свидетельствует о том, что формирование компьютерной (математической) модели и ее постоянное пополнение существенно облегчает и сам процесс исследования. Такая модель позволяет относительно просто обращаться с ней, по мере обновления информации она легко корректируется, оставаясь постоянно действующей.

Проведенный анализ работы шахт и карьеров развитых стран (США, Австралия, Канада, ЮАР, Германия) показал, что за рубежом вопросы внедрения компьютерных технологий успешно решаются. Небольшие предприятия применяют недорогие системы, решающие локальные задачи (от хорошо известного у нас AutoCada для построения чертежей, до геологических пакетов типа RockWorks). Большие и состоятельные организации предпочитают пользоваться интегрированными системами, решающими полный круг задач: от геологии, маркшейдерии и технологии до экономики (системы для станций – VULCAN, MINESCAPE, для персональных компьютеров – DATAMINE, SURPAK-2000 и др.).

По функциональному наполнению, имея много общего с традиционными геоинформационными системами (ГИС), эти продукты характеризуются рядом отличительных особенностей, главными из которых являются: изначальная ориентировка на решение горных задач различного уровня.

Внедрение информационных технологий для решения задач горного производства в России происходит с меньшей интенсивностью, чем на аналогич-

ных предприятиях развитых стран.

Акционерное общество «Сильвинит» является приятным исключением среди российских предприятий. Так, в последние годы маркшейдерские планы горных выработок всех рудников переведены в цифровую форму в формате ГИС MapInfo. Эти планы уже востребованы разными службами предприятия. Однако информация других отделов обрабатывается по старинке. Многие службы используют в работе офисные продукты. Таким образом, информация скапливается в отделах акционерного общества в разных форматах или даже на бумаге. В процессе работы с цифровыми планами возникают трудности с передачей данных из отдела в отдел, с их пополнением. В каждом отделе они обрастают дополнительной информацией: в одном – формируется проектное положение горных выработок, в другом – скважины и пробы, в третьем – границы опасных зон, и т.д. Хранится эта информация разрозненно, не системно. Трудности с обменом данными особенно заметны, когда одновременно производится работа с маркшейдерскими планами несколькими отделами, например, при составлении годовых планов горных работ.

Преодолеть эти трудности в использовании информационных технологий позволит интеграция всей информации различных отделов. Объединение всех потоков информации не только упрощает её использование, но и создаёт новое коллективное знание.

Сотрудники кафедры участвуют в работах по созданию информационной системы горного производства для условий Верхнекамских месторождений калийных солей.

Горное производство можно рассматривать как сложную совокупность естественных условий залегания пород, искусственно созданных в них горных выработок и процессов, возникающих при их взаимодействии. Системный подход к исследованию разрабатываемого месторождения предусматривает декомпозицию всей среды, как сложной системы, на ряд подчинённых систем. Последние, являясь частью более крупной совокупности, в свою очередь, могут быть разложены на системы меньшей размерности.

С позиций такого подхода горно-геологическая среда – материальный объект, состоящий из взаимосвязанных подчинённых систем [5, 6], образующих определённую целостность. Поскольку каждый из подчинённых материальных объектов имеет множество свойств, то существует и множество вариантов декомпозиции объектов и элементов горного производства.

Структура цифровой модели горного производства (ЦМГП) с точки зрения теории систем должна быть модульной и может включать несколько подчинённых систем (моделей): цифровую модель геологической среды (ЦМГ), цифровую модель горных работ (ЦМГР), модель поверхностного комплекса (ЦМПК).

Примерный (но далеко не полный) перечень подчиненных систем, построенный для условий ОАО «Сильвинит», приведен на рис. 1.

В соответствии с определением цифровой модели горного производства как сложной системы, последняя представляет собой множество. Его элементами служит горно-технологическая и геологическая информация о недрах, информация о земной поверхности и правила обращения с ней, позволяющие однозначно и с требуемой точностью получать необходимые характеристики недр:

$$\text{ЦМГП} = \{\text{ЦМГ} \cap \text{ЦМГР} \cap \text{ЦМПК}\}. \quad (1)$$

Цифровая модель горных работ представляет собой множество, элементами которого являются маркшейдерская и технологическая информация о выработках, границах и целиках, опасных зонах, о параметрах проветривания и других объектах; включает характер отношений между ними ( $\text{ТО}_1$ ) и правила обращения с информацией ( $\text{П}$ ), позволяющие с требуемой точностью отобразить положение объектов в пространстве:

$$\text{ЦМГР} = \{\text{ЦМГВ}, \text{ЦМГЦ}, \text{ЦМОО}, \text{ЦМОП}, \dots, \text{М}_n, \text{ТО}_1, \text{П}_1\}. \quad (2)$$

С учетом системных позиций модель горных выработок (ЦМГВ) включает несколько подмножеств. Так, выработки можно объединить во множества вскрышных, подготовительных и очистных. Характер отношений показывает, как связываются выработки или отдельные их элементы друг с другом, например – капитальные с подготовительными, подготовитель-

ные с нарезными или очистными. Эти отношения определяются топологическими свойствами между выработками.

В общем случае любая подсистема может быть составлена как совокупность цифровых моделей ( $\text{M}_i$ ), отношений между ними ( $\text{ТО}_i$ ) и правил обращения с информацией ( $\text{П}_i$ ):

$$\text{ЦМ}_m = \{\text{M}_1, \text{M}_2, \text{M}_3, \dots, \text{M}_n, \text{ТО}_m, \text{П}_m\}, \quad (3)$$

где:  $\text{M}_i$  – подмножества цифровых моделей,  $i=1-n$ . Подмножество включает как графическую, так и атрибутивную информацию;  $\text{ТО}_m$  – отношения между подмножествами  $\text{M}_i$ ;  $\text{П}_m$  – правила обращения с подмножествами.

При построении конечной модели (1) исполнитель не в состоянии учесть абсолютно все детали горного производства, поэтому представленная на рис. 1 схема является только одной из возможных реализаций моделей горного производства.

В теории информации для эффективного поиска, передачи по каналам связи и обработке на ЭВМ, данные рекомендуется сначала упорядочить, а затем кодировать с использованием кодировщиков. В информационных технологиях таким аналогом кодирования информации является классификатор. Классификатор – это документ, который определяет порядок разделения объектов на подмножества в соответствии с имеющимися у них признаками. Для рудников ОАО «Сильвинит» авторами разработан классификатор объектов горного производства и земной поверхности.

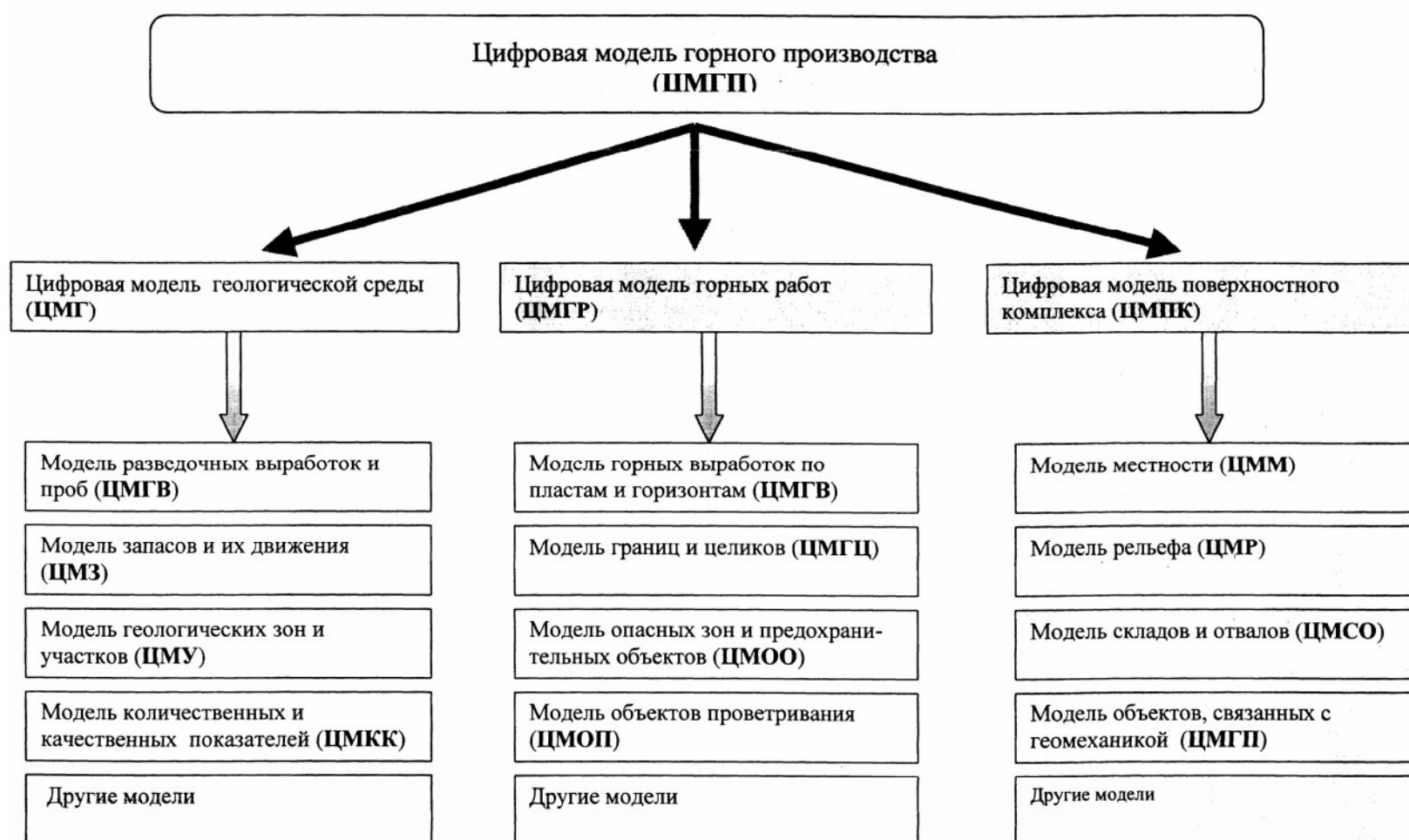


Рис. 1. Подчиненные системы для ОАО «Сильвинит»

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

Проблему построения интегрированной системы рудника можно решить одним из двух вариантов. Первый из них предполагает приобретение готовой системы, а второй – разработкой собственных программных средств.

Анализ имеющихся на рынке интегрированных систем показал, что они не могут охватить весь спектр задач горного производства с его особенностями и принятой в акционерном обществе системой документации. Потребуется время и затраты на «подгонку» системы под требования каждого рудника. На руднике работает 7-9 маркшейдеров, каждый из которых должен быть обеспечен рабочим местом. Аналогичная потребность в других отделах (геологический, горная группа, администрация). Затраты на приобретение, обучение и внедрение такой системы в необходимой комплектации оказываются значительными.

По нашему мнению, для предприятия выгоднее заказать разработку программных средств, только так можно учесть особенности горного производства, маркшейдерского и геологического обеспечения. В этом случае заказчику можно выставить и особые требования к решению инженерных задач.

Основой такой конструкции может служить геоинформационная система, позволяющая уже на первом этапе её освоения создавать цифровые маркшейдерские планы и получать реальную отдачу. В последующем поэтапно разрабатывается программное обеспечение для решения инженерных задач и меняется структура информационной системы (см.рис. 1). Применительно к рудникам ОАО «Сильвинит» ядром информационной системы становится промышленная СУБД «Oracle». В последнее время (начиная с версии 8.1.6.) разработчики ввели в состав своего продукта новый модуль ORACLE Spatial. Он позволяет хранить графические объекты слоёв ГИС MapInfo. При таком способе хранения информации все функции по одновременной работе со слоями и многопользовательскому доступу берёт на себя ORACLE.

Несмотря на то, что в информационной системе с ГИС MapInfo имеются возможности связываться с помощью механизма OLE и вызывать необходимые функции, было принято решение создать специальное внутреннее приложение MapInfo и осуществлять все взаимодействие через него (рис. 2). Использование централизованного способа взаимодействия с MapInfo дает ряд преимуществ, наиболее важные среди которых – повышение эффективности и отказоустойчивости программных средств.

Принципиальная схема использования ресурсов информационной системы приведено на рис. 3. Часть клиентов работают с информацией, имея возможность её пополнения и редактирования с использованием MapInfo. Просмотр и анализ данных допускается при работе с MapView. Организация работы клиентских мест выполняется в специальных приложениях – программных блоках. При разработке приложений использовались картографические функции СУБД, а не геоинформационной системы. В случае необходимости, такой подход позволит с меньшими

затратами разработчикам перейти на другую ГИС.

Проектирование предметной области и оптимизация базы данных информационной системы выполнено с использованием CASE – средства ERWIN.

### *Разработка цифровой модели горных работ*

Исходным материалом для цифровых карт рудников на горных предприятиях послужили, как правило, маркшейдерские планы масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000. В некоторых случаях для создания одного маркшейдерского плана приходится использовать разномасштабную основу. На первичном этапе планы создавались с привлечением сканерной технологии. После этапов сканирования и цифрования планшетов можно получить цифровые маркшейдерские планы, достаточные для решения многих задач точности.

Созданные по такой технологии планы широко используются на всех рудниках ОАО «Сильвинит». Они являются основой для проектирования горного производства, создания планов ликвидации аварий, составления на любой участок пласта печатной копии в любом масштабе.

В дальнейшем пополнение цифровых маркшейдерских планов предусматривается непосредственно на основе полевых замеров, исключая ручную прорисовку объектов на бумажной основе. Такая технология пополнения позволит повысить точность и достоверность цифровых карт. Для этой цели уже разработаны программные средства, позволяющие учитывать особенности горного производства на каждом руднике. Хранение слоёв графической информации предусмотрено в СУБД ORACLE.

### *Цифровая модель поверхностного комплекса*

Поверхностный комплекс горнодобывающих предприятий представлен объектами, отображаемыми традиционной картографией – зданиями и сооружениями, дорожными сетями, коммуникациями и другими объектами. В картографии уже используются цифровые модели местности и рельефа (ЦММ и ЦМР), разработаны стандарты [1, 2, 3, 4]. Вместе с тем, горное производство формирует новые объекты – элементы проявлений сдвижения земной поверхности, склады, отвалы и другие объекты. Цифровые планы поверхности рудников созданы на основе сканерной технологии.

### *Цифровая геологическая модель*

В основу геологической модели положен принцип представления рассматриваемого шахтного поля рудника в виде набора слоев. По каждому пласту строятся совокупности дискретных цифровых моделей, отражающих структуру и качественные характеристики слоя. Дискретная модель поверхности фактически представляет собой двумерный массив с высотной отметкой поверхности в каждой ячейке массива. В неё дополнительно может быть помещена любая информация (качество полезного ископаемого, физико-механические свойства и т.д.). Такая модель планируется в качестве базовой для рудников ОАО «Сильвинит». В ячейках массива предполагается хранить всю информацию по массиву.

**50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ**

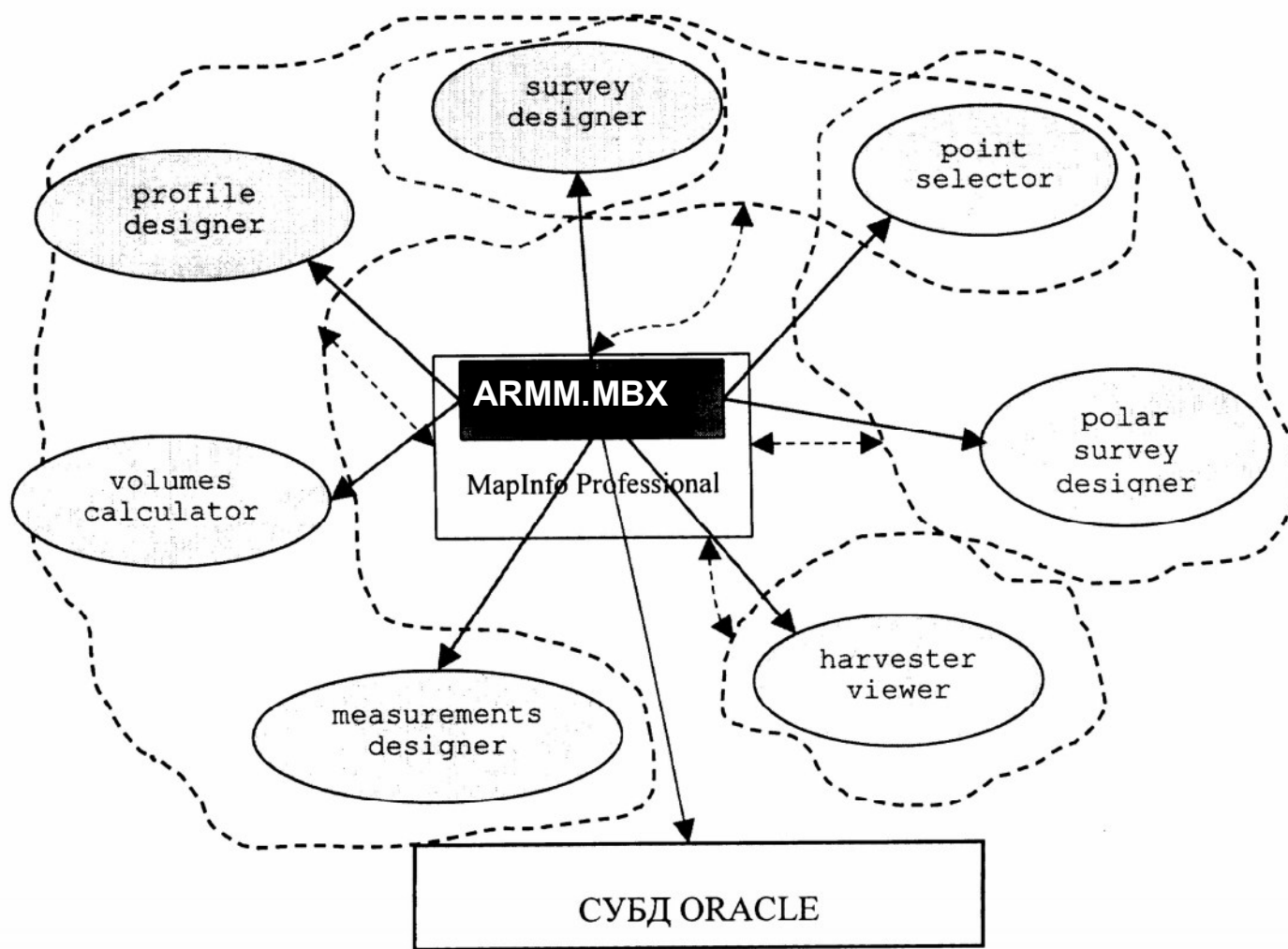


Рис. 2. Связь элементов рабочего места маркшейдера с ГИС MapInfo и СУБД ORACLE

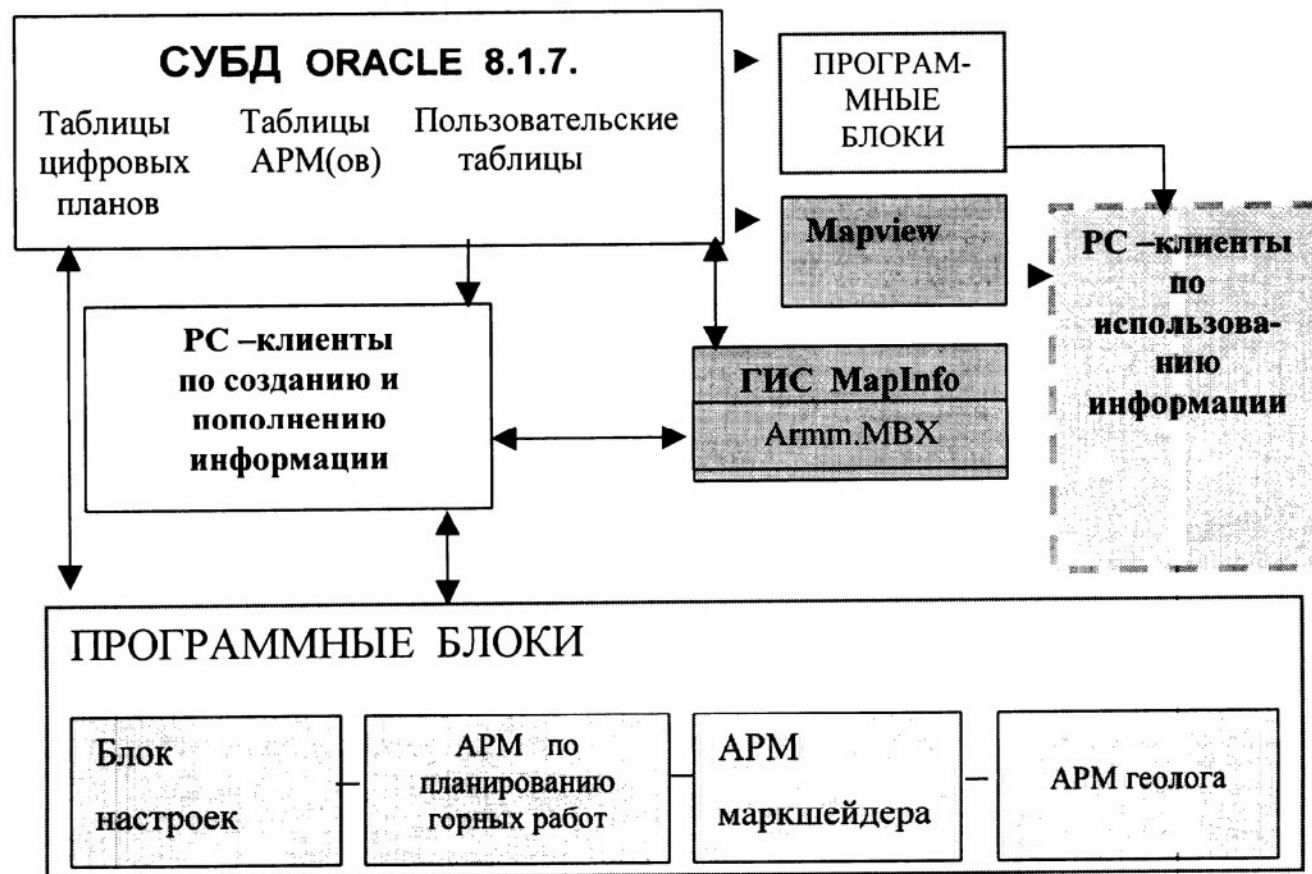


Рис. 3. Связь элементов рабочего места маркшейдера с ГИС MapInfo и СУБД ORACLE

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

Процесс создания модели носит поэтапный характер. На первой стадии разработаны программные средства для ввода геологической информации в базу данных и происходит её заполнение. Программное обеспечение по созданию, редактированию и использованию геологической модели дорабатывается.

### Литература

1. ГОСТ Р 51605-2000. Карты цифровые топографические. Общие требования. Госстандарт России. М. 2000.
2. ГОСТ Р 51606-2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования

цифровой картографической информации. Госстандарт России. М. 2000.

3. ГОСТ Р 51607-2000. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Госстандарт России. М. 2000.

4. ГОСТ Р 51353-99. Геоинформационное картографирование. Метаданные электронных карт. Госстандарт России. М. 2000.

5. Калинин В.М. Математическое моделирование и прогноз показателей месторождений. – М.: Недра, 1993. – 319 с.

6. Ершов В.В. Геолого-маркшейдерское обеспечение управления качеством руд. – М.: Недра, 1986, 261 с.

---

*А.В. Катаев, канд. техн. наук, доцент; С.Н. Кутовой, канд. техн. наук, доцент*

*А.В. Катаев, С.Н. Кутовой*

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РУДНИКОВ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Первичным источником информации для геометризации пластовых месторождений полезных ископаемых служат скважины, разведочные выработки и пробы. Они являются основой для подсчёта запасов и их движения, построения зон замещения и трещиноватости, по ним с привлечением полевых замеров геологов формируются пластовые (погоризонтные) модели количественных и качественных показателей разрабатываемых пластов (залей).

Для рудников Верхнекамского месторождения калийных солей количество пластопересечений, дающих необходимую информацию, составляет тысячи единиц. При этом, она пополняется каждый день. Использование ручных методов геометризации объектов с такими объёмами неизбежно приводит к потере информации. В связи с этим и возникла необходимость в разработке рабочего места геолога, как инструмента для ввода, хранения, обработки, анализа геологической информации и её визуализации.

При бумажной технологии ведения графической документации геологи привыкли к изображению поверхностей топографического порядка в виде изолиний. Вместе с тем, изолинии, полученные в процессе геометризации пласта (залей) являются вторичной информацией. Для их построения применяются исходные пластопересечения (скважины, пробы и др.) и используются линейные методы интерполяции геологического (геохимического, морфометрического) поля. При таком способе отображения поверхностей не может эффективно использоваться аппарат математических действий с ними. В современных программных продуктах, предназначенных для работы с геологическими объектами, изолинии служат только для визуализации поверхностей, но не для их хранения.

Способ хранения информации зависит от типа заложенной в основу программного средства модели.

В качестве возможного варианта создания моделей геологической среды исследователи отмечают аналитическую форму (В.А. Букринский, В.М. Калинин, В.В. Ершов, В.В. Крутофал) [1,2,3,6,7]. Трудности хранения, интерпретации и особенно редактирования аналитических моделей при регулярном пополнении данными ограничивают их использование небольшими участками или предприятиями.

Большим распространением при построении рельефа участков земной поверхности и других топографических поверхностей пользуются сети треугольников – нерегулярные триангуляционные (TIN) модели [8, 9]. Обычно для представления трехмерной модели поверхности применяется триангуляционная сеть. Сеть строится по пикетам или пластопересечениям на основе принципа Делоне. Важной особенностью такого принципа является относительная однозначность представления поверхности на множестве нерегулярно заданных точек, высокая скорость построения модели. Не смотря на ряд очевидных достоинств, триангуляционная сеть для моделирования геологического строения массива имеет и существенные недостатки. Основной из них – сложность решения задач аппарата аналитической геометрии в пространстве (при пересечении с горными выработками) и, как следствие, высокие затраты компьютерного времени на их реализацию.

Концептуально теории геохимического поля (по П.К. Соболевскому) в большей степени отвечают регулярные дискретные модели. Дискретная модель геохимического поля (ДМП) фактически представляет собой трёхмерный массив со значением показателя

поля в каждой ячейке массива. Шаг сетки зависит от изменчивости геохимического поля. В связи с этим, важной задачей становится выбор оптимального шага дискретизации, так как с его увеличением растут погрешности модели, а уменьшение размеров ячеек повышает объём модели. Непрерывность и плавность модели сохраняется в пределах участков, ограниченных разрывными нарушениями или другими границами. Такое представление, хотя и обладает значительной избыточностью, является более привлекательным для использования в компьютерных технологиях [4, 5]. Дискретная модель позволяет достаточно просто решать массу задач, решение которых при векторном представлении было бы практически невозможно или затруднено. В то же время и дискретная модель не лишена некоторых недостатков. Основным недостаток – большой объём данных. Однако необходимо учитывать тенденцию к постоянному повышению объёмов дискового пространства, снижению стоимости хранения единицы информации и возрастанию скорости доступа к ней.

Для пластовых месторождений поиск путей преодоления недостатков ДМП привел к идее построения трехмерных моделей горизонтально-слоистых геологических объектов. В основу объёмной геологической модели месторождения положен принцип представления рассматриваемого участка (или всего месторождения) в виде совокупности слоёв (пластов). По каждому пласту строятся совокупности дискретных цифровых моделей, отражающих структуру и качественные характеристики слоя. Дискретная модель поверхности фактически представляет собой двумерный массив с высотной отметкой поверхности в каждой ячейке массива. Такая модель авторами рекомендована в качестве базовой для рудников ОАО «Сильвинит». В ячейках массива предполагается хранить всю информацию по массиву.

Описание геологического разреза Верхнекамского месторождения представлено в многочисленных публикациях. По детальности изученности разрез условно можно поделить на две части.

Покровная толща (ПТ), распространяющаяся от земной поверхности до водозащитной (ВЗТ) толщи разведана скважинами глубокого и структурного бурения. Калиеносная толща (КТ) включает ВЗТ и продуктивные пласты. Разведана эта толща скважинами глубокого бурения, подземными скважинами и пробам. Необходимость деления толщи на покровную и калиеносную обусловлена различной степенью их разведанности, и, как следствие, различным шагом дискретизации создаваемых моделей. Размер ячеек определялся с учётом плотности расположения скважин и проб, изменчивости промышленных пластов и их изученности.

Выполненные исследования для рудников ОАО «Сильвинит» по обоснованию размера ячейки позволили модель геологической среды разделить на следующие виды:

– *обзорная*, с размером ячейки 100×100 м. С такой детальностью она создаётся на весь рудник и бу-

дет предназначена для вывода обзорной информации.

– *рабочая*, с размером ячейки 10×10 м. Создаётся на каждый слой калиеносной толщи рудника и несёт информацию о залегании и строении пласта, о качественных параметрах рабочих пластов и служит основой для вывода детальной информации. Может пополнять информацию ячеек обзорной модели.

– *детальная*, с размером ячейки 1×1 м (на выбор 2×2 или 5×5 м.). Создаётся на рабочий участок и служит для детализации строения разрабатываемого пласта. Корректируется по результатам полевых работ геологов. Является основой для пополнения рабочей модели.

Все модели несут информацию о пространственном положении пластов и слоёв в основной таблице, и только рабочая модель дополнительно включает качественные характеристики разрабатываемых пластов. По времени создание геологической модели планируется условно разделить на несколько самостоятельных этапов.

На *первом этапе* создаётся первичная база геологических данных (ПБГД) по всем скважинам рудника и пробам. Бурение глубоких скважин выполнялось в разные годы. В разрезе некоторых из них присутствуют фрагменты литологии, отражающие взгляды и знания прошлых лет о расчленении массива. Они могут отличаться от существующего сегодня представления о стратиграфии и литологии толщи. На этапе заполнения баз данных необходимо принять типовой разрез в качестве базового и корректировать все неточности по каждой скважине и пробе. Уже на этом этапе планируется разработать программные средства, позволяющие получать отдачу: построение стратиграфических колонок, включая усреднённые на проектные участки; выполнение расчётов средне-взвешенных значений содержания полезного компонента; обрабатывать данные по рассолам и выдавать графики изменения их содержания; строить на цифровом маркшейдерском плане геологическую информацию.

*Второй этап* заключается в корреляции межскважинного пространства. На этом этапе строится таблица соответствия слоёв пород в разрезах скважин друг с другом. Выполняется проверка качества сопоставления пластов и исправление ошибок. Скважины, не встретившие пласт должны быть ограничены в пределах пласта от остальных. В первом приближении границу можно установить на середине интервала между скважиной встретившей пласт и скважиной не встретившей его. Эти границы можно установить путём разбиения территории расположения скважин полигонами Вороного. Нахождение таких полигонов для всех скважин сводится к разбиению плоскости пласта на области, каждая из которых является множеством точек, в большей степени близких к одной скважине, чем к любой другой.

*Третий этап* – производство цифровой модели рельефа поверхности рудника и построение статистических моделей. Выполняется корреляционный анализ строения толщи (включая двумерную авто-

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

корреляционную функцию) и строятся модели зависимостей. Предполагается построение традиционных регрессионных зависимостей, моделей на основе теории нейронных сетей или метода группового учёта аргументов (МГУА).

*Четвёртый этап* – построение цифровой модели массива. На этом этапе создаются шаблоны сетки, отдельно на каждую модель – обзорную, рабочую и на каждый локальный участок детальной модели. Впоследствии каждая ячейка модели заполняется значениями параметров (приписывается содержание полезных компонентов, высотная отметка и др.). Их значения получаются путем интерполяции между ближайшими скважинами и пробам.

Способ построения модели – *прямой* по всем скважинам и пробам детально изученной толщи, и по скважинам глубокого бурения с привлечением регрессионных моделей для слабо изученного массива.

*Пятый этап* – редактирование и пополнение модели. При выявлении ошибок модели она редактируется. В процессе поступления новых данных (бурение новой скважины, полевые съемки геологов, отбор проб и получение химических анализов) геологическая модель пополняется.

Построенная модель должна быть постоянно действующей и отражать строение массива по состоянию на текущее время. Информация этой модели является основой для построения разрезов, колонок, изолинейных поверхностей, для отображения трёхмерной графики и решения различных задач горного производства.

В настоящее время сотрудниками кафедры созданы программные средства рабочего места геолога (АРМ–Геолог) первого этапа, предназначенные для создания первичных баз данных (БД) по геологическому строению калиеносной толщи и покрывающих пород. Они связаны как с цифровыми маркшейдерскими планами, так и с базой данных общей информационной системы. Программные средства включают следующие модули:

1. Программные средства ввода, редактирования данных по скважинам всех видов (структурные, глубокого бурения, подземные) и построения стратиграфической колонки (**Скважина**). В модуле вводятся данные по искривлению скважины, по пластам и породам, по пробам в скважинах. После ввода создаёт графическое изображение стратиграфической колонки по любой скважине, рассчитываются результаты химических анализов по пробам (и скважинам) и обобщённые параметры сохраняются в базе данных.

2. Программные средства ввода и редактирования параметров бороздовых опробований (**Проба**) и модуль просмотра вычисленных средних значений

компонентов.

3. Программа-конструктор графических объектов для отображения типов пород на литологической колонке и модуль просмотра использованных типов пород в базе данных (**Конструктор**).

4. Программа (**Породы**) для редактирования классификатора пород и связывания пород с изображениями, построенными программой “Конструктор”.

5. Программные средства для работы с рассолами (**Рассолы**). Включает модуль “Редактор типов рассолов” для редактирования правил вычисления типов рассолов и их распознавания.

6. Программа для редактирования справочников геологических возрастов горных пород (**Возраст**).

7. Программные средства для ввода, хранения, обработки, анализа и визуализации полевых зарисовок участков геологов в горных выработках (**УГ**). Обработывается информация к расчёту потерь и разубоживания по выемочным единицам.

Полученные результаты эксплуатации программных средств показывают, что использование элементов автоматизированной системы геолога существенно повышает точность, обоснованность и оперативность инженерных решений, а также упрощает своевременную подготовку необходимой отчетной документации.

### Литература

1. Букринский В.А. Геометрия недр. Учебник для вузов. –3-е изд., М.: изд. МГГУ. 2002, 549 с.
2. Троян В.Н., Соколов Ю.М. Методы аппроксимации геофизических данных на ЭВМ. Л.: 1989. 304 с.
3. Калинин В.М. Математическое моделирование и прогноз показателей месторождений. –М.: Недра, 1993. –319 с.
4. Мовшович Э.Б., Кнепель М.Н., Черкашин М.С. Формализация геологических данных для математической обработки.-М.: Недра, 1987. –190 с.
5. Автоматизированные системы маркшейдерского обеспечения карьеров. К.С.Ворковастов, С.Г.Могильный, В.Г.Столчнев и др. –М. Недра, 1991, -271с.
6. Рудничная геология. Мягков В.Ф., Быбочкин А.М., Бугаев И.И. и др.- М.:Недра, 1986, 199 с.
7. Ершов В.В. Геолого-маркшейдерское обеспечение управления качеством руд. – М.: Недра, 1986, 261 с.
8. Аронов В.И. Методы математической обработки геологических данных на ЭВМ. М.: Недра, 1977, 168с.
9. Бойко А.В. Методы и средства автоматизации топографических съёмки.-М.: Недра, 1980, 222 с.

А.В.Катаев, канд. техн. наук, доцент; С.Н.Кутовой, канд. техн. наук, доцент



А.В.Катаев, С.Н.Кутовой, А.В.Телицын, Е.В.Нестеров, М.В.Гилёв

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО МАРКШЕЙДЕРА НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ПЛАНОВ ГОРНЫХ РАБОТ

В течение последних пяти лет сотрудниками кафедры «Маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем» Пермского государственного технического университета и маркшейдерскими службами ОАО «Сильвинит» и ОАО «Уралкалий» ведутся активные работы в области создания электронных карт и маркшейдерских планов для рудников Верхнекамского месторождения калийных солей. За это время был разработан полный технологический цикл создания электронных маркшейдерских планов и создана цифровая основа планов горных работ масштабного ряда (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000) по продуктивным пластам АБ, В, Кр-2 и «Каменная соль» для всех рудников ОАО «Сильвинит» и для части рудников ОАО «Уралкалий».

Известно, что главным преимуществом цифровых карт перед обычными является их математическая основа. Последнее означает, что все объекты на цифровой карте описываются математически, имеют строгий формализованный вид. Это и даёт возможность компьютеризированной обработки картографического материала, и, как следствие, открывает новые способы решения различных инженерных задач.

Сотрудниками кафедры разработаны и внедрены на горнодобывающих предприятиях ОАО «Сильвинит» и ОАО «Уралкалий» ряд программных комплексов, которые позволяют решать конкретные задачи горного производства с использованием цифровых маркшейдерских планов горных работ. Разработанные комплексы связаны единой базой данных, которая хранится на сервере каждого рудоуправления и являются составной частью АСУП этих предприятий. К настоящему времени разработаны программные комплексы с условными названиями: «АРМ-маркшейдера», «АРМ-геолога», «АРМ – для планирования горных работ» и «Электронный план ликвидации аварии на рудниках». Рассмотрим один из таких созданных комплексов с условным названием «АРМ-маркшейдера».

Выбор аппаратных и программных средств, используемых при разработке программного комплекса, во многом определялся требованиями заказчика. Так, для визуализации цифровых маркшейдерских планов используется ГИС MapInfo 6.5, поскольку данная ГИС наиболее распространена в маркшейдерских отделах заказчиков, имеет средства программирования (язык MapBasic) и поддерживает технологии межпрограммного взаимодействия COM, DDE.

В качестве базовой СУБД принята используемая на предприятиях ОАО «Сильвинит» и ОАО «Уралкалий» – СУБД Oracle 8.1.7, которая имеет средства для работы с графическими объектами (Oracle Spatial). Следует отметить, что начиная с версии 6.0, ГИС MapInfo напрямую поддерживает работу

с СУБД Oracle.

В качестве основного средства программирования клиентских приложений был выбран Borland C++ Builder 5.0. Выбор обусловлен тем, что указанное средство разработки обладает богатыми возможностями для создания приложений по технологии «клиент-сервер» и базируется на мощном объектно-ориентированном языке C++.

Связь с СУБД Oracle осуществлялась с помощью специализированных компонентов Direct Oracle Access, что позволяет пользоваться всеми возможностями Oracle в полном объеме, кроме того, данные компоненты (в отличие от Borland Database Engine) не требуют установки на клиентской машине каких-либо дополнительных программ. Для написания хранимых процедур и триггеров использовалась среда разработки PL/SQL Developer.

Клиентские программы предназначены для работы под ОС Windows NT 4.0 или Windows 2000.

Требования к функциональному составу программного комплекса «АРМ-маркшейдера» вытекают из основных задач маркшейдерской службы на горнодобывающих предприятиях. В целом, эти задачи кратко можно сформулировать как комплекс наблюдений, измерений, вычислений и ведение документации для получения маркшейдерской и технической информации. Поэтому, основной целью разработки программного комплекса являются автоматизация процессов обработки полевых наблюдений, пополнения на их базе цифровых планов горных работ и составления стандартной отчетной маркшейдерской документации.

Программный комплекс «АРМ-маркшейдера» был спроектирован в виде отдельных программных блоков, имеющих модульную структуру и взаимодействующих друг с другом посредством механизмов COM и DDE. Принципиальная схема программного комплекса «АРМ-маркшейдера» приведена на рис. 1.

Поскольку комплекс спроектирован как часть общей информационной системы горного производства, то перед началом его работы требуется произвести детальные первичные настройки. Такие настройки производятся путем ввода исходных данных в первом программном блоке с условным названием «*Настройка исходных данных*». В зависимости от решаемых задач настройку баз данных производят в модулях:

- «*Рудники, горизонты, пласты, панели, блоки*»
- в программе настраивается база данных содержащая таблицы с информацией общего назначения включающая наименования соответственно рудников, горизонтов, пластов и наименование и расположение панелей и блоков, административную организацию рудников и др.;

# 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

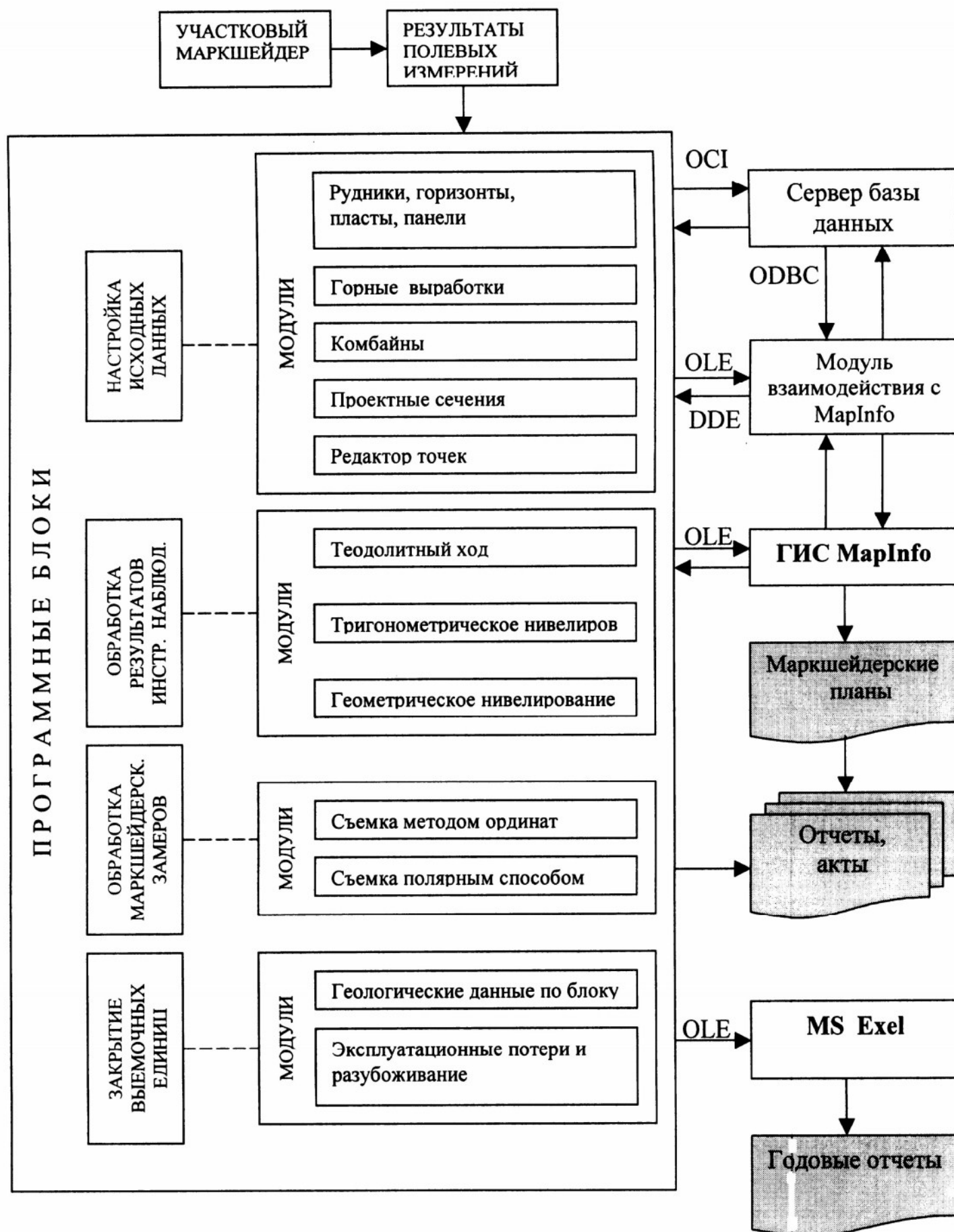


Рис. 1. Принципиальная схема АРМ-маркшейдера

- «Горные выработки» – настраиваются базы данных по выработкам с привязкой их к горизонтам, пластам, панелям и блокам;
- «Комбайны» – модуль предназначен для формирования поперечных сечений используемых

на рудниках типов проходческих комбайнов и определения их площадей. Сечения комбайнов формируются по маркшейдерским обмерам, хранятся в базе данных и в дальнейшем используются для определения геометрических

параметров горных выработок;

- «*Проектные сечения*» – модуль предназначен для ввода и редактирования параметров пространственного положения сечения каждой комбайновой заходки в пределах проектируемого сечения горной выработки, а также вычисления проектной площади сечения этой выработки;
- «*Редактор точек*» – модуль предназначен для прямого редактирования и удаления маркшейдерских точек из базы данных расположенной на сервере минуя все программные модули. Доступ к работе с данным модулем имеет только администратор баз данных.

После введения необходимой исходной информации в базу данных можно приступить к решению конкретных задач. Одной из основных задач стоящих перед маркшейдерской службой является проведение и обработка полевых инструментальных наблюдений в горных выработках с последующим их графическим и текстовым оформлением. Для этой цели был разработан второй блок программ с условным названием «*Обработка результатов инструментальных наблюдений*». В состав блока входят такие программные модули как «*Теодолитный ход*», «*Тригонометрическое нивелирование*» и «*Геометрическое нивелирование*». Главное назначение программных модулей - ввод, редактирование, обработка и хранение результатов инструментальных наблюдений, выполненных маркшейдерами в горных выработках. В зависимости от вида инструментальных наблюдений их обработка производится в соответствующем модуле.

Дополнительно к ранее введенной общей исходной информации все модули блока используют следующие исходные данные:

- цифровые планы горных выработок по рабочим пластам;
- данные по исходным точкам опорной и съемочной маркшейдерской сети;
- данные по ранее пройденным маркшейдерским ходам;
- информацию об используемых приборах и инструментах;
- информацию о применяемых методах измерений и наблюдений;
- дата и исполнитель измерений и наблюдений;
- результаты угловых, линейных и высотных измерений.

Результатами работы программных модулей блока «*Обработка результатов инструментальных наблюдений*» являются:

- координаты и высотные отметки точек инструментальной съемки и их сохранение в базе данных;
- данные по новым инструментальным ходам (допустимые и фактические угловые, линейные и высотные невязки, дата и исполнитель, тип

инструмента и др.);

- оформление результатов вычислений в стандартных журналах вычислений координат и высот точек инструментальных съемок и их распечатка на принтере;
- автоматическое нанесение точек съемки на цифровые планы горных работ;
- возможность построения профилей горных выработок и их распечатка на принтере.

Третий блок программ с условным названием «*Обработка маркшейдерских замеров*» предназначен для ввода, редактирования, обработки, визуализации и хранения результатов маркшейдерских замеров в горной выработке и состоит из программных модулей с условным названием «*Съемка методом ординат*» и «*Съемка полярным способом*».

Помимо общей исходной информации блок дополнительно использует следующие данные:

- цифровые планы горных выработок по рабочим пластам;
- сформированные сечения комбайнов, которые использовались при проходке рассматриваемой выработки;
- створы между маркшейдерскими точками с известными координатами в рассматриваемой выработке;
- данные маркшейдерских замеров выполненных по поперечным сечениям выработки, расстояние между которыми определяется с учетом требований действующей «*Инструкции по производству маркшейдерских работ*», а также наличием характерных мест в сечениях выработки.

Результатами работы программных модулей блока «*Обработка маркшейдерских замеров*» являются:

- построение фактических сечений выработки по каждому измеренному поперечнику и определение площади этих сечений. При этом, в случае проходки выработки комбайнами, форма сечений определяется как упорядоченная совокупность комбайновых заходов, а в случае проходки выработки буровзрывным способом - определяется по данным съемки поперечников полярным способом;
- нанесение на соответствующие слои цифрового плана фактического положения границ горных выработок;
- вычисление объемов выработанного пространства;
- сохранение в базе данных как полученных графических объектов (поперечные сечения выработок, последовательность проведения заходов, плановое положение контуров выработки), так и результатов обработки маркшейдерских замеров (геометрические параметры выработок, объем добытой горной массы и др.).

Четвертый блок программ с условным названием «*Закрытие выемочных единиц*» предназначен для расчета плановых и фактических эксплуатационных потерь и разубоживания полезного ископаемого

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

по выемочным единицам, а также составления «Акта на списание» выемочной единицы. Блок состоит из программных модулей с условным названием «Геологические данные по выемочному блоку» и «Эксплуатационные потери и разубоживание».

Помимо общей исходной информации блок дополнительно использует следующие данные:

- геологическая характеристика рудного тела по выемочной единице;
- качественные показатели и физико-механические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород;
- проектные показатели эксплуатационных потерь и разубоживания по выемочным единицам;
- результаты маркшейдерских замеров в горных выработках выемочной единицы;
- сведения о горных работах;
- информация о руководстве рудника.

Результатами работы программных модулей блока «Эксплуатационные потери и разубоживание» являются:

- фактические и скорректированные плановые потери и разубоживание полезного ископаемого по выемочной единице;
- возможность составления и печати «Акта на окончание горных работ по выемочной единице»;
- возможность составления и печати книг первичного и сводного учета полезного ископаемого, а также формы 70-ТП.

В настоящее время в разработке находится еще один программный блок с условным названием «Закладка», который войдет в состав программного комплекса «АРМ-маркшейдера». Планируется, что посредством программных модулей данного блока на основе маркшейдерских замеров можно будет произ-

водить:

- выбор оптимального размещения закладочного трубопровода в выработке с позиций достижения максимального коэффициента закладки;
- расчет объема заложенных пространств в горных выработках;
- построение продольных и поперечных профилей заложенных выработок и возможность их печати;
- отображение заложенных выработок в соответствующих условных знаках на цифровых планах горных работ;
- составление типовой отчетной документации по закладочным работам и возможность ее печати на принтере.

Модульный принцип построения программного комплекса «АРМ-маркшейдера» позволяет добавлять в него вновь разработанные программные блоки и модули, а также комплектовать рабочее место участкового маркшейдера на рудниках теми программными блоками, которые необходимы ему для работы.

В целом, по взаимодействию программных модулей входящих в состав «АРМ-маркшейдера» можно отметить:

- программные модули могут работать совместно, не конфликтуя друг с другом;
- блоки и модули комплекса с помощью специальной программы могут быть прописаны в строку меню ГИС MapInfo и «загружаться» прямо из геоинформационной системы;
- авторизация для каждого программного модуля определяется средствами СУБД Oracle;
- цифровые маркшейдерские планы могут пополняться одновременно несколькими пользователями.

*А.В. Катаев, канд. техн. наук, доцент; С.Н. Кутовой, канд. техн. наук, доцент; А.В. Телицын, инженер; Е.В. Нестеров, инженер (ПГТУ); М.В. Гилёв, гл. маркшейдер (ОАО «Сильвинит»)*

*М.А. Голендухин, А.В. Заморин, И.А. Столбов, А.Ю. Шишунов, Т.П. Голендухина, Г.В. Поспелова*

### ИЗ ОПЫТА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Систематические измерения осадок, деформаций и кренов зданий, сооружений и технологического оборудования промышленных предприятий имеют большое практическое и научное значение.

Практическое значение заключается в возможности систематически следить за устойчивостью оснований и надежностью фундаментов. Полученные значения осадок и кренов позволяют своевременно намечать и проводить профилактические мероприятия, предупреждающие рост как абсолютных осадок, так и их неравномерности. Это повышает срок службы зданий, сооружений и оборудования, а также способствует предотвращению экологических катастроф,

обусловленных разрушениями оборудования.

Научное значение состоит в том, что полученные геодезическими методами данные о величинах осадок и кренов, а также об их динамике в зависимости от разнообразных природных и других факторов, позволяют уточнить методы расчета оснований, установить величины предельно допустимых осадок и их неравномерности для различных грунтов и групп сооружений.

С 1978 г. кафедрой маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем Пермского государственного технического университета на основании договоров выполняются измерения осадок зда-

ний и сооружений и наблюдения кренов высотных сооружений ОАО «Азот» г.Березники Пермской обл. За этот период выполнено 36 циклов наблюдений с периодичностью от полугода до 2 лет.

Многолетние наблюдения позволили разработать многосторонний комплекс работ, включающий прецизионное нивелирование исходной высотной основы, определение осадок сооружений и оборудования высокоточным геометрическим нивелированием, определение кренов высотных сооружений геодезическим методом, определение вертикальности стенок изотермического хранилища аммиака.

ОАО «Азот» относится к крупным инженерным сооружениям со значительным числом сопряженных между собой несущих строительных конструкций и взаимосвязанных элементов технологического оборудования. Часть важных производств предприятия расположена на подработанной территории. Подработка обусловлена добычей калийных солей на Верхнекамском месторождении. Подземные горные выработки этого одного из крупнейших в мире месторождений расположены на глубине более 300 м.

Участок, на территории которого выполняются наблюдения за осадками сооружений и технологического оборудования, имеет площадь более 3 км<sup>2</sup>. На участке расположен ряд основных производств ОАО «Азот».

Отличительными особенностями предприятия являются: наличие трубопроводов с давлением до 350000 Па; сложная сеть подземных и наземных коммуникаций; наличие объектов с тяжелым технологическим оборудованием весом в несколько тысяч тонн; расположение в зоне влияния подземных горных работ.

Анализ физико-географических условий и геологического строения площадки, а также особенностей предприятия показывает, что основными причинами осадок сооружений могут быть:

- неоднородное геологическое строение основания с устойчивыми и неустойчивыми грунтами, подвергающимися неравномерному сжатию и перемещению от веса сооружения;
- возведение вблизи новых крупных сооружений;
- переменная загрузка расположенных на территории емкостей, таких как склад жидкого аммиака;
- вибрация фундаментов, вызываемая работой машин и механизмов;
- влияние подземных горных работ.

Целью наблюдений являются:

Периодическое определение осадок, кренов и вертикальности зданий и сооружений и их анализ;

Разработка и совершенствование технологии наблюдений и алгоритма их аналитической обработки.

Расчеты, выполненные в соответствии со «СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве» показывают, что ср. кв. ошибка определения отметки любой осадочной марки в каждом цикле относительно исходного репера не должна превышать 1,4 мм. Для обеспечения такой точности изме-

рения осадок должны выполняться по двухступенчатой схеме. Первая ступень включает два свайных и два ственных репера, которые образуют исходную основу – ход нивелирования первого класса. Осадочные марки включены в нивелирную сеть II класса, опирающуюся на реперы I класса.

Работы в каждом цикле включают 3 периода: подготовительный, полевой и камеральный.

В подготовительный период проводятся исследования и поверки нивелиров, теодолита и реек, составление проектных схем нивелирных ходов, формирование бригад и ряд других работ.

В полевой период выполняется нивелирование исходных реперов и осадочных марок, измерение кренов высотных сооружений, а также определение вертикальности стены металлического колокола изотермического хранилища аммиака.

Нивелирование исходных реперов осуществляется нивелиром Н-05. Нивелирование осадочных марок производится нивелирами Ni-007 фирмы «Карл Цейсс». При нивелировании используются инварные рейки различной длины с круглыми уровнями. Крены высотных сооружений и вертикальность стены металлического колокола изотермического хранилища аммиака измеряются теодолитом Theo-020 фирмы «Карл Цейсс».

Выполнение полевых работ на ОАО «Азот» осложняется следующими факторами:

- наличием мощных компрессоров, работа которых вызывает вибрации грунта;
- наличием парообразований, ухудшающих видимость;
- наличием препятствий, затрудняющих доступ к осадочным маркам;
- загазованностью территории предприятия.

В камеральный период осуществляется проверка полевых журналов во вторую руку, составление рабочей схемы нивелирной сети с вычислением невязок полигонов и допустимых невязок, кодирование превышений для уравнивания сети на ПЭВМ, уравнивание результатов нивелирования на ПЭВМ, оценка точности, вычисление осадок, вычисление кренов высотных сооружений и отклонений стены металлического колокола изотермического хранилища аммиака от вертикали, составление ведомостей и анализ полученных результатов, составление отчета.

Целью нивелирования I класса является контроль устойчивости положения исходных реперов и определение их отметок. Все исходные реперы находятся за зоной влияния горных выработок.

Нивелирование I класса производится по общепринятой методике в соответствии с действующей инструкцией по нивелированию. Методика нивелирования I класса обеспечивает ср. кв. ошибку измерения превышения на станции 0,15 мм.

По результатам последних трех циклов выполняется анализ стабильности реперов, который позволяет выявить наиболее стабильные реперы. Отметки этих реперов используются в качестве исходных при вычислении отметок осадочных марок.

## 50-ЛЕТИЕ ПЕРМСКОГО ГТУ

Определение осадок зданий и сооружений ОАО «Азот» выполняется нивелированием осадочных марок, заложенных в стены зданий, сооружений и несущие конструкции технологического оборудования.

Перед каждым циклом измерений выполняется ревизия осадочных марок. К сожалению, ежегодно часть марок бывает уничтожена, повреждена или недоступна. Это отрицательно сказывается на получаемые результаты и их анализ.

Обычно нивелирная сеть по осадочным маркам представляет собой систему из 40 замкнутых полигонов, включающих около 110 ходов, 70 узловых точек, 400 осадочных марок. Общее число станций нивелирования составляет около 600.

Определение осадок выполняется геометрическим нивелированием II класса короткими визирными лучами по специально разработанной методике.

Оценка точности нивелирования выполняется по невязкам в полигонах и по результатам уравнивания.

Допустимые невязки полигонов подсчитываются по формуле

$$f_{\text{доп.}} = 0,5 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где:  $n$  – количество станций в полигонах.

Получаемые невязки, как правило, в 1,5 и более раз меньше допустимых.

Анализ невязок показывает, что ошибки нивелирования носят в основном случайный характер.

Уравнивание нивелирной сети II класса выполняется строгим методом на ПЭВМ по специальной программе. В результате уравнивания вычисляются поправки в ходы нивелирования и в измеренные превышения. По поправкам в ходы вычисляется ср. кв. ошибка измерения превышения на станции  $\mu_{\text{ст.}}$ , которая обычно составляет около  $\pm 0,20$  мм.

Кроме этого, для более объективного и надежного суждения о точности определения осадок марок в каждом цикле вычисляются ср. кв. ошибки отметок узловых точек, значения которых ни разу не превысили допустимого значения 1,4 мм.

Результаты оценки точности позволяют сделать вывод о том, что нивелирование осадочных марок выполняется с точностью, значительно превышающей точность II класса, т.е. качественно.

По уравненным отметкам осадочных марок вычисляются значения осадок между смежными циклами наблюдений и суммарные осадки за наблюдаемый период. Эти значения позволяют получить скорости осадок за период между смежными циклами, а также неравномерности осадок сооружений.

Анализ полученных по всем циклам наблюдений осадок позволяет сделать следующие основные выводы:

- незначительные, т.е. не превышающие в течение года принятой точности измерений  $\pm 2$  мм, осадки имеет большинство наблюдаемых объектов;
- ряд объектов имеет стабильно продолжающиеся умеренные осадки – 2-4 мм в год;
- у ряда сооружений выявлены значительные скорости осадок (4 – 8 мм/год);
- у некоторых зданий и сооружений абсолютные осадки достигли 100 мм и более и превысили предельно допустимые значения;

- у большинства же зданий и сооружений неравномерности осадок не превышают 30 мм;
- наибольшие по абсолютной величине осадки наблюдаются на территории второго аммиака и в районе электроподстанции, которые полностью находятся в зоне подработки;
- по мере приближения к границе подземных горных работ осадки уменьшаются, а за зоной влияния подработки они имеют даже положительные значения.

Результаты последних циклов наблюдений подтверждают, что осадки зданий и сооружений ОАО «Азот» в зоне подработки продолжают, и влияние подработки на осадки несомненно.

Наряду с определением осадок и деформаций зданий и сооружений в каждом цикле выполняется определение кренов одиннадцати высотных сооружений – труб и гранбашен. Для определения кренов используется разработанный в рамках выполнения этих работ способ горизонтальных и вертикальных углов. Способ отличается простотой и обеспечивает сантиметровую точность определения линейных кренов сооружений, высота которых достигает двухсот и более метров.

Измерение углов осуществляется теодолитом Theo-020. Горизонтальные углы измеряются двумя приемами с перестановкой лимба между ними на  $90^0$  и со ср. кв. ошибкой 3,5". Вертикальные углы измеряются одним приемом.

По результатам измерений для каждого сооружения вычисляются: угловые поперечные крены; линейные поперечные крены; полный линейный крен; ср. кв. ошибки линейных поперечных кренов; ср. кв. ошибка полного линейного крена.

Допустимые значения кренов не должны превышать 0,004 от высоты сооружения.

Результаты определений кренов показывают, что у большинства сооружений крены значительно меньше допустимых; в то же время у трех сооружений крены превышают допустимые значения, причем у одного из них – более чем в два раза.

Определение вертикальности стены металлического колокола изотермического хранилища аммиака производится также специально разработанным бесконтактным геодезическим методом при помощи теодолита Theo-020 по четырем вертикальным и четырем горизонтальным сечениям. Измерения показывают, что максимальное отклонение стены металлического колокола от вертикали по наблюдаемым сечениям составляет 5,5 см. Сопоставление результатов, полученных в последних циклах, свидетельствует о стабильности колокола.

Таким образом, разработанная на кафедре МДГиГИС ПГТУ комплексная технология работ позволяет точно, надежно и эффективно проводить наблюдения за стабильностью зданий, сооружений и технологического оборудования промышленных предприятий без остановки производства и своевременно принимать меры по предотвращению аварий. Она может быть успешно применена и на других сложных производственных предприятиях.

*М.А.Голендухин, А.В.Заморин, И.А.Столбов, А.Ю.Шишунов, кандидаты техн. наук, доценты; Т.П.Голендухина, старший преподаватель; Г.В.Поспелова, инженер*

Ю.А. Болтнев, Ю.Б. Баранов, Р.В. Грушин, Е.В. Киселевский, Л.Ю. Кожина

## **К ВОПРОСУ ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Тематическое дешифрирование космических снимков позволяет экспрессно оценивать экологическое и геодинамическое состояние обширных территорий (в том числе, в ретроспективе) и, как следствие, получать достоверные данные о безопасности разработки месторождений углеводородов (УВ). В частности, возможно выявление разрывов, зон разломов и сгущения трещиноватости, определение зон геодинамического влияния разломов и относительных перемещений смежных блоков земной коры.

Для этих целей при дешифрировании космических изображений необходимо помимо традиционной геологической, геофизической и геоморфологической информации использовать ландшафтные признаки, такие, как рисунок гидросети, формы рельефа, характер и форма залегания горных пород, распределение растительности, обводненность горных пород и прочие.

Между элементами ландшафта и геодинамическим состоянием недр (массивов горных пород) существуют закономерные связи, обусловленные совместным действием экзогенных и эндогенных факторов, что позволяет использовать полученные данные в геологических и геолого-прогнозных целях и в исследованиях закономерностей проявления геодинамических процессов.

Важно, что процесс выявления геодинамического состояния недр методами ландшафтного дешифрирования многозональных космических изображений поддается автоматизации, что существенно облегчает и ускоряет получение информации.

Практически, работы по дешифрированию сводятся к выявлению линеаментов, кольцевых структур, максимально подробного рисунка гидросети и ярких особенностей аэрокосмических изображений и интерпретации полученных данных в геоинформационных системах.

По космическим изображениям в красной и ближней инфракрасной зонах электромагнитного спектра удается отдешифрировать мелкие водотоки, которые традиционно не показывают на топографических картах даже крупных масштабов, что позволяет изучать сдвиги земной коры, особенно на территориях активного развития инфраструктуры разведываемых и эксплуатируемых месторождений углеводородов.

Облегчает получение геодинамической информации использование цветного синтеза изображений разных каналов. Так, на синтезированном снимке, полученном по изображениям в зеленой, красной и ближней инфракрасной зонах, одновременно хорошо проявляются растительность и относительно высокая увлажненность горных пород, часто наблюдающаяся по зонам разрывных нарушений и повышенной трещиноватости.

По анализу рисунка эрозионной сети вдоль некоторых линеаментов удается установить наличие

горизонтальных (сдвиговых) перемещений, что позволяет сделать предположение о большой роли в современном тектоническом развитии горизонтально ориентированного сжатия. Установление по космическим снимкам зон концентрации тектонических напряжений, узлов пересечения разрывов и характера движений по разломам имеет как научный, так и практический интерес (геодинамика, поиски полезных ископаемых, сейсмическое районирование).

Геоинформационный анализ результатов дешифрирования сопряженных разносезонных космических изображений в комплексе с геологическими, геофизическими, топографическими и другими картографическими данными способствует получению новой информации о геодинамическом состоянии недр и позволяет добиваться высокой достоверности результатов исследований.

Геоинформационному дешифрированию космических изображений предшествует комплекс обязательных мероприятий по сбору материалов дистанционного зондирования и их первичной автоматизированной обработке. Решение этих задач продиктовано необходимостью пространственного совмещения на основе единой системы геодезических координат разносезонных и желательно разновременных снимков различного пространственного разрешения и уровня генерализации, отснятых в широком интервале электромагнитного спектра.

Решающее значение в выборе материалов космических съемок имеют следующие факторы:

- наибольшая полнота покрытия территории исследований материалами дистанционного зондирования;
- уровень пространственного разрешения (наличие космических изображений как низкого (для выявления крупных региональных структур), так и высокого (выявление особенностей геодинамического состояния на конкретных объектах) пространственного разрешения;
- ширина диапазона электромагнитного спектра (наиболее оптимально иметь данные, отснятые в видимом, инфракрасном, тепловом и радиолокационном диапазонах);
- наличие временного интервала между съемками для выявления динамики активных современных процессов.

Этим требованиям удовлетворяют разносезонные космические снимки сенсоров ASTER, Landsat и MODIS.

Использование материалов зондирования, полученных в различных диапазонах электромагнитного спектра, обусловлено спецификой этих данных. В частности, изменение растительности лучше всего фиксируется в видимом и в ближней части инфракрасного диапазонов (2,3,4 каналы Landsat, 2 и 3 каналы ASTER). Минералообразование под воздействием





Покрытие территории исследования материалами сенсоров Landsat и MODIS – более полное, в силу того, что первый из них имеет богатую историю и объем отснятого материала, а второй производит съемку земной поверхности с низким пространственным разрешением, но высокой обзорностью.

В частности, основным материалом для создания мозаики космических изображений на территорию полуострова Ямал послужили материалы дистанционного зондирования сенсора Landsat, полученные в видимом и ближней части инфракрасного диапазонов, наиболее полно перекрывающие изучаемую площадь. В качестве единой проекции была выбрана коническая равноплощадная проекция Альберта, на эллипсоиде Красовского (рис. 3).

Работы по созданию фактографической части дистанционной основы сопровождались созданием цифровой модели рельефа (ЦМР). Материалом для создания ЦМР послужили планшеты топографических карт масштаба 1:500 000.

В целом алгоритм создания ЦМР выглядит следующим образом.

Планшеты топографических карт сканируются на барабанном сканере формата А-0 или А-1. Получающийся единый растр не требует последующей сшивки фрагментов, как это бывает при сканировании на планшетных устройствах. Этим устраняются возможные геометрические ошибки при вводе первичных материалов.

В целях устранения геометрических искажений, неизбежно возникающих в процессе сканирования, полученные изображения обрабатываются программой ScanCorrect. Программа предназначена для геометрической калибровки сканеров и позволяет использовать относительно недорогие полиграфические сканеры в точной цифровой фотограмметрии после их специальной калибровки.

Следующим этапом работы является улучшение изображений и первичная картографическая привязка раstra, путем расстановки в нем опорных точек с известными и аналитически вычисленными геодезическими координатами.

Картографически привязанное растровое изображение импортируется в программу полуавтоматической векторизации MapEdit, где производится векторизация раstra с целью получения ЦМР.

Созданная цифровая модель рельефа территории Ямал, совмещенная с мозаикой космических изображений, построенной по материалам сенсора Landsat, приведена на рис. 3.

Выявление особенностей геодинамического развития методами геоинформационного аэрокосмического моделирования в первую очередь основано на выявлении основных систем разрывных нарушений и зон их геодинамического влияния. Разломы земной коры и литосферы контролируют многие геологические процессы, протекающие в недрах Земли и у ее поверхности. Велика роль разломов при изучении геодинамики северных территорий, особенно в связи с разработкой месторождений углеводородов.

Разломы представляют собой сложные геологические тела, состоящие из наиболее дислоцированной осевой части и, сопряженной с ней, более широкой приразломной области.

Приразломная область всегда подразумевалась в геологии. После работ М.В. Гзовского ее отождествляли с зоной высокой концентрации напряжений, окружающей приразломное пространство, позднее было предложено выделять области динамического влияния разломов, как часть окружающего разлом пространства, в котором проявляются остаточные (пластические или разрывные) и упругие следы деформаций, вызванные формированием разлома и подвижками по нему. Зона проявления остаточных деформаций выделяется как составная часть области динамического влияния, представляющая собой область активного геодинамического влияния разломов.

В отличие от предыдущих исследователей в работе для выявления областей активного геодинамического влияния разломов Севера Западной Сибири, и в частности п-ова Ямал использована объективная информационная основа – космические изображения земной поверхности.

Создание настоящей дистанционной основы и ее предварительное дешифрирование уже на настоящем этапе позволяет сделать некоторые выводы об особенностях неотектонического и геодинамического строения региона. В частности, обращает внимание преобладание на территории исследования тектонических структур северо-западного простирания. Одновременно на созданной цифровой модели рельефа находит четкое отражение принятое в литературе структурно-тектоническое деление полуострова на три крупных элемента – Ямальское сводоподобное поднятие, Нейминский мегапрогиб и Нурминский мегавал.

Вместе с тем на следующем этапе работы (детальное визуальное и автоматизированное дешифрирование дистанционной основы, выявление зон геодинамического влияния основных дизъюнктивов) безусловно необходимо использование целого комплекса накопленной геолого-геофизической информации, прежде всего для повышения уровня достоверности получаемых результатов.

Поскольку пиксели изображения имеют конкретный размер, измеряемый метрами, существует возможность точного определения пространственных размеров зон геодинамического влияния разломов. Выделение зон геодинамического влияния направлено на существенное уточнение генетических и тектонических предпосылок локализации месторождений углеводородов. Закартированные зоны геодинамического влияния разломов интерпретируются как зоны повышенной проницаемости земной коры, т.е. как зоны разуплотнения, в пределах которых при отработке залежей следует ожидать повышенные притоки углеводородов. Морфологический анализ зон геодинамического влияния позволяет определять кинематику разрывных нарушений и оценивать направление современных смещений блоков земной коры.

Анализ информации о размерах зон геодинамического влияния и кинематике разрывных нарушений, позволяет учитывать эти опасные в инженерно-геологическом плане участки при проектировании и строительстве как площадных, так и линейных объектов трубопроводного транспорта и инфраструктуры месторождений углеводородов полуострова Ямал.

## ПРОБЛЕМЫ ГАЗПРОМА РОССИИ

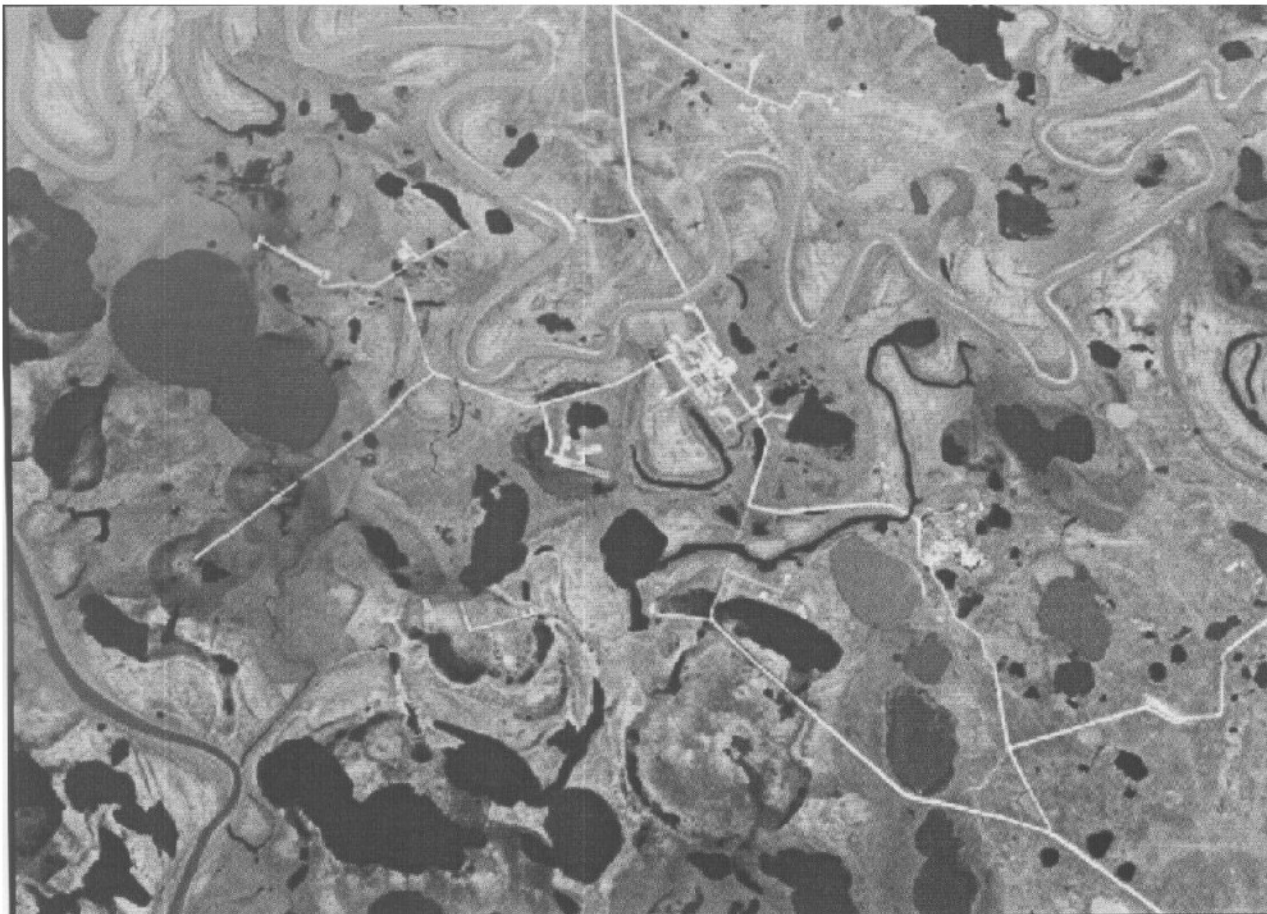


Рис. 2. Пример космического изображения сенсора ASTER на фрагмент п-ова Ямал (отчетливо дешифрируется инфраструктура Бованенковского месторождения)

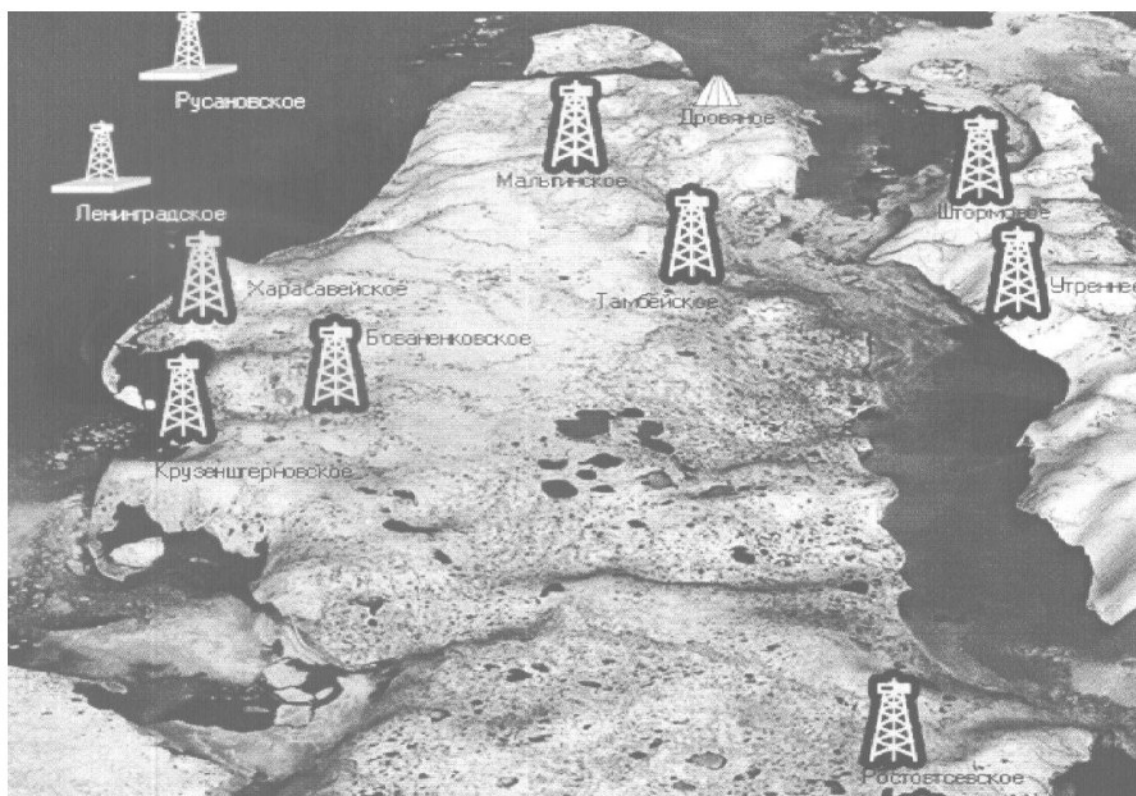


Рис. 3. Мозаика космических изображений Landsat на территорию п-ова Ямал, совмещенная с цифровой моделью рельефа (вертикальный масштаб увеличен в 50 раз)

Ю.А.Болтнев, гл. маркшейдер ООО «Кубаньгазпром»;  
 Ю.Б.Баранов, д-р г.-м. наук, проф. (ООО «ВНИИГАЗ»);  
 Р.В.Грушин, н.с., канд.техн.наук (ООО «ВНИИГАЗ»);  
 Е.В.Киселевский, канд.техн.наук (ОАО «Газпром»);  
 Л.Ю.Кожина, м.н.с. (ООО «ВНИИГАЗ»)

**ОБ АДМИНИСТРАТИВНОЙ РЕФОРМЕ В ГОРНОМ ДЕЛЕ**

Экономическая безопасность России, дальнейший рост промышленного производства напрямую связаны с эффективностью деятельности минерально-сырьевого комплекса. В то же время несовершенство системы государственного управления в области недропользования приводит к необоснованным экономическим потерям как для предпринимателей, так и для государства.

Так, горные предприятия подвергаются многочисленным проверкам со стороны целого ряда государственных контрольных органов. При этом подавляющее большинство из них не имеют в своем составе специалистов горного профиля. Проверки по этой причине носят поверхностный характер и не оправдывают затраченных на их проведение бюджетных средств. Отвлечение же работников предприятий из-за таких проверок приводит к крупным экономическим потерям.

Не меньшую проблему представляют экспертизы и согласования проектной и иной технической документации, которые также зачастую осуществляются без учёта специфики горных производств.

Для повышения экономической эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов необходимо снизить в горном деле бремя административных ограничений, упростить и упорядочить взаимоотношения между государством и горными предприятиями. Это позволит без ущерба для государственных интересов в кратчайшие сроки получить значительный экономический эффект.

В настоящее время государством признано целесообразным передать контрольно-надзорные функции от министерств и ведомств федеральным надзорам.

Упорядочение контрольно-надзорной деятельности для повышения экономической эффективности производства наиболее актуально для минерально-сырьевого комплекса и иных отраслей тяжёлой промышленности, являющихся основными для экономики страны.

При этом государственное вмешательство в предпринимательскую деятельность необходимо минимизировать, ограничившись вопросами:

- налогового контроля;
- обеспечения безопасности работников предприятий, населения, окружающей природной среды;
- контроля за эффективностью использования государственной собственности.

Что касается обеспечения безопасности, то базовой организацией в данной области является Федеральный горный и промышленный надзор России, являющийся специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. В то же время отдельные функции в области безопасности входят в компетенцию ряда министерств и ведомств, основными для

которых являются правоустанавливающие функции и функции по управлению государственным имуществом или оказанию услуг. В связи с этим целесообразно сконцентрировать в системе Федерального горного и промышленного надзора России контроль за всеми аспектами технической безопасности в тяжёлых отраслях промышленности.

Одной из важнейших составляющих государственной собственности являются минерально-сырьевые ресурсы. Контроль за их рациональным использованием и охраной недр – также традиционная функция Федерального горного и промышленного надзора России. Для повышения эффективности его деятельности на этом направлении, а также для ускорения реализации инвестиционных проектов, особенно по добыче стратегических видов минерального сырья, целесообразно сосредоточить контрольно-надзорные функции за использованием минеральных ресурсов в органах государственного горного надзора.

Главная цель проводимой в России административной реформы – повышение экономической эффективности производства. Но её сопровождает ряд сопутствующих задач, которые для отдельных групп лиц могут иметь более важное значение. Поэтому для успеха реформы необходимо либо найти решения, удовлетворяющие потребности наиболее влиятельных организаторов реформы, либо максимально вывести ключевые секторы экономики из-под влияния отвлекающих от достижения главной цели.

Горное дело – базовый локомотив реформ. Одновременно исторический путь развития сделал горный сектор экономики наиболее уязвимым в отношении неправильных административных решений. Эта уязвимость определена следующими основными факторами:

- высоким доверием к государству и законопослушностью горных инженеров, воспитанных в духе соблюдения правил ведения горных работ, нарушение которых рано или поздно заканчивается гибелью людей;
- технократизмом горняков из-за фильтрующих свойств производства работ в сложных и особо опасных горно-геологических условиях;
- стабильной психикой и консерватизмом в привычках из-за допуска к горным работам физически полноценных людей.

Эти негативные в данный момент составляющие менталитета корпуса горных инженеров делают его неконкурентоспособным по отношению к лицам – антиподам, отличающимся высокой социальной активностью. Такое положение привело к тому, что практически все профессиональные горные структуры в системе государственного управления оказались уничтоженными. Горняков практически нет в государственной элите как в центре, так и на местах, не включая и основные горнодобывающие регионы. Их

нет среди лидеров политических движений. Горняцкие проблемы практически не озвучиваются через средства массовой информации и т.д.

Учитывая финансовую мощь минерально-сырьевого комплекса, данное положение кажется парадоксальными, но на самом деле оно закономерно. Горняки предпочитают отсиживаться в своих окопах – горных выработках, потому что их не привлекают вопросы анархии и разрушения, до последнего времени доминировавшие в политической жизни страны. За происходящее голосование идёт иным способом – колоссальными экономическими потерями для экономики страны из-за малоэффективной работы горных предприятий.

Молчанию горняков, позволяющему реализовывать любые решения, может радоваться только тот, кто желает жить бедно. Для людей другой ориентации очень важно расшифровать это молчание и резко повысить экономическую привлекательность горного бизнеса.

В ходе административной реформы для усиления работ по повышению экономической эффективности освоения месторождений нефти, угля, золота, алмазов и иных полезных ископаемых, достаточно только одного политического решения: **создать в системе государственного управления горную вертикаль.**

Это решение, не говоря о далеко идущих перспективах, позволяет в кратчайшие сроки обеспечить:

- сокращение числа государственных служащих и бюджетного финансирования госаппарата;
- доверие одного из самых авторитетных отрядов среди «молчаливого большинства» при проведении предвыборных компаний;
- появление надёжного технического эксперта по вопросам реформирования иных отраслей экономики;
- эффективное государственное сопровождение зарубежных горных проектов;
- сокращение непроизводительных расходов и ускорение реализации инвестиционных горных проектов из-за резкого снижения административной нагрузки на горное дело.

Для формирования эффективной горной вертикали необходимо соблюдение трёх принципов:

- кадровый состав из профессионалов горняков;
- организованная структура подчинена либо Правительству, либо Президенту, но не лицам второго эшелона власти, которые неизбежно начнут задействовать её на решение своих более актуальных задач;
- создание «единого контрольного окна», т.е. вхождение государства на горный отвод через специализированную государственную горную структуру. Все многочисленные щели, через которые сегодня к горнякам проникает оголодавший чиновный люд, должны быть законопачены.

В качестве базы для формирования такой структуры проще всего взять ныне существующую

систему государственного горного надзора. Она имеет высокий профессиональный уровень, неформальный авторитет среди горного мира и государственных управленцев, трехвековую историю, компактна, разветвлена, скромна по финансовым затратам.

Каким же образом можно реализовать идею «одного контрольного окна»? Первое – максимально сконцентрировать государственные контрольные функции в области недропользования в одном контрольном органе.

При этом очень важно учесть, что производство горных работ является высокомеханизированным и особо опасным и, зачастую, осуществляется в сложных горно-геологических условиях. Это обуславливает включение в состав контрольной деятельности в качестве необходимой составляющей экспертизу технологических и проектных решений. Без дополнительной научной апробации таких решений в ряде случаев невозможно обеспечить безопасность зданий и сооружений от вредного влияния горных работ, охрану запасов полезных ископаемых от порчи.

Кроме того, многочисленные согласования и экспертизы проектной документации являются одной из основных причин неоправданного замедления реализации инвестиционных проектов. Соединение этих согласований и экспертиз под эгидой горного надзора с установлением жесткого предельного срока рассмотрения проектной документации дало бы колоссальный экономический эффект как предпринимателям, так и государству. Что касается интересов иных ведомств, то они могут быть полностью учтены при формировании экспертных комиссий.

Для того, чтобы не возникали параллельные рассмотрения горной проектной документации в иных органах государственной власти, необходимо одновременно отменить законодательные и нормативные решения, содержащие соответствующие полномочия.

На первом этапе оптимизации системы государственного контроля и надзора в минерально-сырьевом комплексе на органы государственного горного надзора требуется возложить следующие дополнительные функции:

- государственного надзора за порядком предоставления недр в пользование;
- государственного геологического контроля;
- государственного геодезического надзора;
- государственного энергетического, архитектурного, пожарного и технического надзора и государственного экологического контроля за производством работ в пределах горных и геологических отводов и на опасных производственных объектах;
- государственной экспертизы запасов полезных ископаемых и геологической информации по участкам недр, используемым в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- государственной горной экспертизы проектов освоения участков недр;
- государственной экологической экспертизы проектной документации, связанной с пользо-

ванием недрами и строительством опасных производственных объектов;

- специально уполномоченного федерального органа исполнительной власти в области охраны окружающей среды и обращения с отходами производства;
- утверждения нормативов потерь полезных ископаемых при их добыче и переработке;
- координации деятельности иных государственных контрольных и надзорных органов в пределах горных и геологических отводов и на опасных производственных объектах.

Второе, что нужно сделать, – отменить или изменить ряд постановлений Правительства Россий-

ской Федерации, возлагающих контрольные функции в области горного дела на непрофильные организации.

А чтобы и при этих условиях не возникало желание вторгаться в границы горного и геологического отводов – сократить численность и финансирование смежных контрольных органов.

Предлагаемая модель «одного контрольного окна» после её апробации в горном деле может быть использована в тяжёлых отраслях промышленности и в иных секторах экономики.

Что делать – ясно, как делать – известно, средств на это не нужно. Требуется только политическая воля.

*В.В.Грицков, начальник Управления по надзору за охраной недр и геолого-маркшейдерскому контролю Госгортехнадзора России*

*В.В.Грицков*

## **О РАЗВИТИИ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОРНЫХ РАБОТ**

Минерально-сырьевые ресурсы составляют основу экономической безопасности России. Колебания мировых цен на нефть имеют для внутренней жизни страны большее значение, чем многие шумные политические акции. Поэтому для сторонников устойчивого развития страны очень важно обеспечить стабильность в минерально-сырьевом секторе экономики, комфортные условия для законопослушного предпринимателя. Только на заинтересованности горного бизнеса в долговременной эксплуатации месторождений полезных ископаемых можно обеспечить максимальный экономический эффект для общества и защитить интересы будущих поколений.

Важным звеном укрепления законности и правопорядка является совершенствование горного законодательства. В настоящее время в этой отрасли права наметилось оживление деятельности. На апробации в органах государственной власти находится целая серия концепций законопроектов и самих законопроектов, в которых предлагается или изменить редакцию существующего базового Закона Российской Федерации «О недрах», или на его основе создать кодекс о недрах.

Несмотря на отдельные вариации, многообразие форм законотворчества кажущееся. Чтобы понять, в чём тут дело, нужно вернуться к истокам.

В достопамятный 1992 г., когда в спешном порядке готовились российские формы законодательного обеспечения новых рыночных отношений, большую активность проявили геологи. Им удалось возглавить подготовку проекта Закона Российской Федерации «О недрах», посредством которого основные рычаги государственного регулирования отношений недропользования были переданы в руки геологического ведомства. Попутно были решены иные проблемы законодательного обеспечения геологического изучения недр, важнейшим из которых стал механизм

отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы.

Естественно, что основное внимание геологов было сосредоточено на источнике своего финансирования и рычагах получения отчислений от погружавшихся в затяжной кризис горных предприятий. Раздел государственных запасов нефти, угля, золота, руд металлов и иных видов минерального сырья между желающими их разрабатывать также был увлекательным занятием. При этом следовало оберегать подаренную перестройкой сферу деятельности от посягательств смежников. Ведь кое-кто из горнодобывающих министерств косился на геологов и намекал, что минерально-сырьевой «пирог» им достался не по праву.

Трудности переходного периода экономики, сложности формирования федеральных и местных органов государственной власти затормозили процесс развития горного законодательства. Его бурное развитие завершилось в 1995 г., когда увидела свет новая редакция Закона Российской Федерации «О недрах». Она устранила ряд выявившихся в правоприменительной практике шероховатостей. Все остальные нововведения в горное законодательство, включая вопросы соглашений о разделе продукции, кардинальных изменений в практическую жизнь не внесли. Исключение составляет только экономическая революция, произведенная Налоговым кодексом Российской Федерации, в результате которой платежи за пользование недрами были переведены в разряд налогов, а ставки отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы упразднены. Но это отдельная тема для разговора.

Критика Закона Российской Федерации «О недрах» как сугубо геологического, не решающего многие реальные проблемы разработки месторождений полезных ископаемых, началась ещё в период его

## В ГОСГОРТЕХНАДЗОРЕ РОССИИ

подготовки, продолжается и поныне. Справедливость же этой критики во многом зависит от точки зрения. Если придавать этому Закону характер всеобъемлющего законодательного акта, то тогда лакуны в нём действительно есть. Но если мы отбросим ряд геологических статей – родимое пятно его перво разработчиков – то увидим, что перед нами законодательный акт, описывающий процедуру распределения и перераспределения государственного фонда недр. В этом отношении многолетняя практика показала его работоспособность, чего не скажешь о многих иных законах. Анализ пожеланий основных горно- и нефтегазодобывающих компаний показал, что к процедуре распределения у них не имеется больших претензий и для полного счастья им нужны только считанные поправки. Даже у наиболее решительных реформаторов речь идёт о введении нескольких новых форм распределения фонда недр, основывающихся на гражданском праве. Это ещё 2-3 статьи.

Самое интересное в нашей жизни – это делить, потом отнимать и снова делить. В качестве правового механизма распределения фонда недр Закон оказался на удивление удачным. Изъятие лицензий в нём прописано слабее, потому что в 90-е годы эти вопросы были неактуальны.

Сейчас наиболее лакомые куски нашли своих хозяев и поднимаются вопросы о переделе собственности. Для развития горного комплекса, отличающегося большой консервативностью процессов и отношений, бурные потрясения губительны. Но вообще-то для запуска эффективного механизма изъятия лицензий нужно немного. Самое сложное при этом – вопросы горного имущества. Так что, и реализовав нужды передела, мы увеличим Закон несущественно.

А как же многочисленные кодексы? Идея о разработке проекта Горного кодекса Российской Федерации обсуждалась, начиная с 1992 г. и во всё последующее время. Первой на этот призыв откликнулась общественность. Академия горных наук ещё в 1996 г. подготовила законопроект с таким названием. Недостаток финансирования, методологические трудности и узкий состав авторов не позволил этой общественной инициативе попасть в категорию идеальных. Тем не менее, на протяжении ряда лет велась активная пропаганда законопроекта. Проект Горного кодекса при содействии МПР России был переработан под нужды этого ведомства и под названием Модельный кодекс о недрах государств – участников СНГ был внесён в Исполком СНГ для последующего принятия.

В 2002 г. руководство МПР России решило придать новый импульс развитию законодательства в сфере природопользования. Поэтому началась энергичная доработка Горного кодекса профессиональной командой. Законопроект на тот момент имел большое число статей, зарезервированных под особенности геологического изучения и использования различных видов минерального сырья. Но содержательного наполнения они получить не успели. Имелись административные ограничения, целесообразность которых вызывала сомнения. Например, предусматривались

многочисленные виды экспертиз проектной документации, проведение которых осложнило бы реализацию инвестиционных проектов. Кроме того, такой подход противоречил бы позиции Правительства Российской Федерации по снижению административных ограничений. Поэтому декларативные или не апробированные практикой требования сократили.

«Похудевший» законопроект дополнили положениями Закона Российской Федерации «О недрах» и проекта федерального закона «О лицензировании пользования недрами». Последний содержал тщательно проработанную процедуру лицензирования, но его судьба в Государственной Думе сложилась неудачно.

Значительная часть нововведений была взята из существующей практики. Исключением стало внедрение вызвавшего дискуссию принципа «одного ключа» – сосредоточения основных полномочий в системе лицензирования в руках федерального центра.

В горнине переработки произошла смена названия на «Кодекс Российской Федерации о недрах». В действительности законопроект получил скорее вид новой редакции Закона Российской Федерации «О недрах», вобравшей накопленный опыт распределения ресурсов недр и в меньшей степени развившейся за счет иных областей горного права. О том, справедливо ли на данной стадии развития базового горного закона применять слово «кодекс», существуют разные мнения. Несомненно, оно сильнее ласкает слух политиков, нежели слово «закон», и позволяет сформировать более крупные финансовые потоки в области законотворческой деятельности.

Быстро подготовить крупный законопроект высокого качества невозможно. Поэтому, получив из среды разработчиков наиболее именитых номинальных авторов, одна редакция кодекса уходила во внешний мир, а на её основе делалась следующая, более «продвинутая», к которой присоединялись иные авторские имена. Так что все существующие проекты кодексов – разные стадии доработки одного исходного продукта.

Смена названия затуманила смысл исходного предложения по кодификации законодательства.

За время бурного развития горных отраслей промышленности в советский период был накоплен огромный массив нормативно-методических документов. В них сосредоточился опыт технического регулирования производства горных работ с учетом отраслевой специфики. В постперестроечную эпоху этот массив заметно обветшал. Переработать всю нормативную базу при развале отраслевых министерств и скудном бюджетном финансировании горной науки было нереально. Поэтому-то и встал вопрос о кодификации технических требований, которые были одинаково слабо представлены в законодательстве как до, так и после перестройки.

Федеральный горный и промышленный надзор России, например, призывал создать Горный кодекс взамен правил и инструкций, без которых невозможно

обеспечить рациональную и безопасную разработку месторождений. И без того непростая ситуация в нормативном обеспечении горного дела осложнилась в связи с разработкой проекта федерального закона «Об основах технического регулирования», которому уготован выход в свет в самое ближайшее время. С его принятием все обязательные для применения правила и инструкции будут поэтапно отменены. Их призваны заменить законодательные акты в виде технических регламентов.

В то же время анализ современного состояния минерально-сырьевого комплекса показывает важность горных производств для обеспечения экономической безопасности России, их большую потенциальную опасность, многочисленность имеющихся технических проблем, требующих соответствующего нормативного регулирования.

Перед горняками стояла задача обновления традиционных требований с учетом передовых технических и технологических достижений. Дополнительная задача перевода всех новых и сохраняющих важное значение старых норм и правил в ранг законодательных возникла достаточно неожиданно.

Раньше большая часть вопросов горного права реализовывалась посредством подзаконных актов, и только оборот государственной собственности на недра регламентировался законодательством. Теперь же к проблемам совершенствования правовых и экономических составляющих законодательства о недрах прибавилась проблема формирования законодательной базы технического регулирования горных работ.

Техническое нормирование – область интересов узких специалистов в прикладных областях горного дела. Таких специалистов мало в головных по вопросам законодательства правовых и экономических ведомствах и администрациях субъектов Российской Федерации. Втягивать эти уважаемые органы государственной власти в технические дискуссии производителей, научных работников и горных чиновников, значит тормозить работу по совершенствованию правовых основ экономически эффективного распределения и перераспределения минеральных ресурсов.

Исходя из дефицита времени, отпущенного на решение поставленных задач, и из конкретного распределения возможностей и полномочий органов государственной власти в данный момент времени целесообразно развитие технического регулирования осуществлять в рамках узких специализированных законов, полностью соответствующих базовому законодательству о недрах, будь то существующий Закон Российской Федерации «О недрах», или разрабатываемый на его основе Кодекс.

Перевод требований многочисленных технических инструкций на законодательное поле – дело не одного дня. Но накапливать их длительное время или ждать очередных поправок в базовое законодательство, судьба которых трудно предсказуема, вряд ли целесообразно, так как это замедлит технический

прогресс в горном деле, снизит уровень обеспечения безопасности горных работ и охраны недр. Ведь ничто не мешает в последующем включить узкие технические законы в более общие законодательные акты. Главное – было бы что включать.

В связи с изложенным в развитии горного законодательства можно выделить относительно самостоятельное направление – техническое регулирование производства горных работ. Этому направлению присущ особый предмет регулирования, цели и приоритеты.

Среди технических требований в горном деле основными являются требования, обеспечивающие безопасность работ, связанных с пользованием недрами и охрану недр. Существующая система норм и правил в этой области состоит из пяти основных иерархических уровней:

- законодательные акты;
- нормативные правовые акты, прошедшие регистрацию или экспертизу в Минюсте России;
- нормативно-технические акты федеральных органов исполнительной власти;
- методические Документы рекомендательного характера федеральных органов исполнительной власти;
- нормативно-технические, организационно-технические документы пользователей недр или вертикально интегрированных компаний.

Соответствующий массив нормативных документов неоднороден по целому ряду факторов, среди которых можно выделить:

- легитимность;
- соответствие существующему законодательству;
- соответствие современному техническому уровню производства геолого-маркшейдерских и иных горных работ;
- наукоемкость разработки норм;
- актуальность для производства горных работ;
- соответствие перспективным направлениям развития технического прогресса.

Наибольшую легитимность имеют законодательные акты и нормативные правовые акты, прошедшие регистрацию или экспертизу в Минюсте России.

Следующая группа представлена документами существующих министерств и ведомств, прежде всего Госгортехнадзора России, МНР России, Минэнерго России, Госстроя России.

Далее идут документы министерств и ведомств, имеющих в настоящее время прямых преемников: Госгортехнадзор СССР, Мингео СССР, Минэнерго СССР, Госстрой СССР и др.

Закрывают этот ряд документы ликвидированных министерств и ведомств: Минцветмет СССР, Минчермет СССР, Минуглепром СССР, Мингазпром СССР, Минстройматериалы СССР и др.

Документы, принятые российскими министерствами и ведомствами после 1992 г., в основном соответствуют существующему законодательству и современному техническому уровню. Документы, при-

## В ГОСГОРТЕХНАДЗОРЕ РОССИИ

нятые в эпоху СССР, в той или иной степени не соответствуют ни тому, ни другому.

Наиболее наукоемкими, например, при производстве геологических и маркшейдерских работ, являются технические нормы, регламентирующие точность работ, методы управления деформациями массива горных пород, прогноза горно-геологических условий, определения качества и количества добываемого и перерабатываемого минерального сырья и других видов сложных инженерно-технических работ.

Наиболее актуальными для производства горных работ являются документы, содержащие:

- механизмы реализации основных положений законодательства о недрах, регламентирующих деятельность пользователей недр (согласование технических проектов, оформление горных отводов, списание запасов и др.);
- технические требования по производству наиболее сложных и ответственных работ.

Основная часть документов первой группы приведена в соответствие с действующим законодательством, зарегистрирована в Минюсте России или прошла в этом министерстве юридическую экспертизу, достаточно однозначно трактуется, не вызывая споров и конфликтных ситуации.

Наиболее же сложная ситуация сложилась в области технических норм, обеспечивающих производство наиболее сложных и ответственных работ. Эти технические нормы не подвергались ревизии в течение длительного периода, достигающего 20-30 лет. Их ревизия представляет собой сложную научно-техническую проблему.

Наиболее адекватной формой для законопроектов, в рамках которой целесообразна кодификация существующих нормативных требований, являются технические регламенты.

Учитывая сжатость сроков и ограниченность финансирования работ, на первом этапе целесообразно сосредоточиться на ограниченном количестве наиболее актуальных технических требований, позволяющих создать системную основу для дальнейшего развития работ. Базовым законопроектом мог бы стать проект федерального закона «О безопасном производстве горных работ и охране недр». В его развитие следует начать подготовку более специализированных регламентов, среди которых можно выделить проекты федеральных законов «О производстве маркшейдерских работ».

При этом для первого законопроекта исходной базой стали бы существующие с 1985 г. и «Единые правила разработки месторождений твердых полезных ископаемых», и для второго существующая с 1886 г. «Инструкция по производству маркшейдерских работ».

Система горных технических регламентов будет являться составной частью законодательства о недрах, конкретизируя существующие законодательные требования к производству горных работ с учётом отраслевой специфики, достижений, национального и мирового опыта, а также исходя из опыта правоприменительной практики органов Госгортехнадзора России, иных государственных контрольных и надзорных органов.

Указанные технические регламенты станут актами прямого действия, создадут правовую основу для технического регулирования горных работ применительно к условиям рыночной экономики и гармонизации национальных технических требований с мировыми на основе передовых достижений науки и техники.

Такие подходы соответствуют основным концептуальным положениям разрабатываемых в настоящее время законопроектов в области недропользования и позволяют оптимизировать их отдельные положения.

Целями законодательного регулирования производства горных работ могли бы стать:

1. Придание законодательного статуса апробированным техническим требованиям к производству горных работ, что позволило бы:

- повысить эффективность государственного регулирования отношений недропользования за счет проведения единой технической политики в области промышленной безопасности и охраны недр на основе передовой методологии их обеспечения;
- обеспечить преемственность действующей нормативной базы технического регулирования горных работ и её поэтапную адаптацию к условиям рыночных отношений;
- упорядочить и упростить систему технического регулирования горных работ;
- отделить функции нормативного регулирования горных отношений по вопросам производства горных работ от функций надзора и контроля;
- усилить правовую защищенность пользователей недр, а также их ответственность за безопасное и рациональное использование минеральных ресурсов, особенно стратегических видов;
- обеспечить защиту государственных интересов при использовании гражданско-правовых отношений между государством и пользователем недр;
- установить правовые нормы, позволяющие избежать коллизий в применении технических требований законодательства о недрах, природоохранного, земельного и водного законодательства;
- установление правовых норм о порядке разрешения споров между участниками отношений недропользования по технологии ведения горных работ.

2. Гармонизация системы технических требований к производству горных работ с соответствующими техническими требованиями государств-участников СНГ и стран дальнего зарубежья, что позволило бы:

- использовать передовые технические требования промышленно развитых стран с учётом на-



циональных особенностей России;

- устранить излишние административные барьеры в торговле и гармонизировать национальные технические требования с международными требованиями;
- повысить конкурентоспособность отечественных товаропроизводителей на мировом минерально-сырьевом рынке.

3. Введение в законодательную практику прогрессивных научно обоснованных технических требований по производству горных работ, что позволило бы:

- дифференцировать требования с учетом отраслевой специфики, сложности горно-геологических условий, применяемых технологий и рисков при ведении горных работ;
- обеспечить эффективную профилактику правонарушений в области промышленной безопасности и охраны недр и предотвращения техногенных аварий и катастроф;
- повысить экономическую эффективность разработки месторождений полезных ископаемых за счёт снижения рисков возникновения техногенных аварий и катастроф, применения оптимальных технологий, комплексно учитывающих вопросы безопасности горных работ, охраны недр и окружающей природной среды;
- обеспечить подъём технологического уровня ведения горных работ и рост технической культуры;
- создать предпосылки для дальнейшего развития потенциала научных и учебных организаций горного профиля.

4. Развитие при недропользовании системы «одного контрольного окна» за счет формирования в горном деле комплексного технологического контроля и надзора на базе органов государственного горного надзора, что позволило бы:

- создать благоприятный инвестиционный климат в минерально-сырьевом комплексе;
- ускорить реализацию инвестиционных проектов освоения месторождений полезных ископаемых;
- устранить излишние административные ограничения в горном деле, в том числе за счёт уточнения компетенции государственных органов надзора и контроля и координации их деятельности.

5. Развитие систем саморегулирования горных отношений, что позволило бы:

- сократить государственное участие в регулировании горных отношений за счёт развития системы профессиональных союзов, объединений и иных организаций, а также систем добровольной аккредитации, сертификации и горного аудита;

- повысить уровень охраны недр и безопасности при ведении горных работ за счет развития систем производственного контроля и управления промышленной безопасностью и охраной недр в организациях - пользователях недр;
- обеспечить развитие систем нормативно-методического регулирования производства горных работ в вертикально-интегрированных компаниях и иных горнодобывающих организациях;
- повысить правовую защищенность организаций минерально-сырьевого комплекса и их работников;
- обеспечить участие граждан и общественных организаций (объединений) в подготовке решений, связанных с реализацией проектов по добыче и переработке полезных ископаемых, освоению подземного пространства с целью повышения эффективности охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных работ.

К конечным результатам работ по совершенствованию технических аспектов горного законодательства можно отнести:

- усиление экономической безопасности Российской Федерации за счёт повышения уровня промышленной безопасности и охраны недр при разработке месторождений стратегических видов минерального сырья;
- создание основы для поэтапного перевода базовых технических норм и правил производства горных работ в ранг законодательных;
- повышение эффективности системы государственного надзора и контроля за производством горных работ;
- повышение экономической эффективности освоения месторождений полезных ископаемых за счёт ускоренного технического перевооружения горных производств;
- внедрение прогрессивных форм управления состоянием промышленной безопасности и охраны недр;
- снижение риска возникновения крупномасштабных аварий и катастроф, сокращение числа смертельного травматизма при ведении горных работ;
- повышение уровня извлечения полезных ископаемых при их добыче и переработке, обеспечение охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных работ.

Предлагаемая схема развития горного законодательства имеет дискуссионный характер и требует широкого обсуждения в кругу специалистов в области горного дела.

*В.В.Грицков, начальник Управления по надзору за охраной недр и геолого-маркшейдерскому контролю Госгортехнадзора России*

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МАРКШЕЙДЕРСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ: СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЕТЕЙ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ**

Маркшейдерское обеспечение горных работ в современных производственных условиях стремится к широкому использованию ГИС-технологий. При этом не всегда целесообразно сохранять устоявшиеся способы и приемы выполнения маркшейдерских работ. Применение ГИС, в частности, предполагает некоторый пересмотр способа построения маркшейдерских сетей (МС) в подземных горных выработках.

В настоящее время при построении МС принято неуклонно следовать принципу последовательного перехода от общих и более точных геометрических построений к частным и менее точным. В соответствии с ним весь процесс состоит из двух видов работ [1]:

- построение опорных сетей, являющихся главной геометрической основой для всех подземных съемок;
- построение съемочных сетей, являющихся основой для съемки горных выработок и опирающихся на пункты и стороны опорной сети.

Построение опорных сетей производится поэтапно, по мере отдаления забоев горных выработок от уже построенных пунктов опорной МС на расстояние, оговоренное в действующих нормативных документах. Как правило, при построении опорных МС предпочтение отдается созданию замкнутых или разомкнутых полигонов, разделенных гиросторонами на секции.

В отличие от опорной МС построение съемочных МС выполняется постоянно, по мере продвижения забоя горной выработки.

Способ «съемочная МС – опорная МС» подразумевает постоянное уточнение положения пунктов и сторон маркшейдерской сети, что в свою очередь подразумевает постоянное уточнение на эту же величину положения горных выработок. В условиях ведения планов горных выработок в виде чертежей, вычерчиваемых в определенном масштабе, необходимость перерисовки объектов маркшейдерской съемки возникает только в том случае, если уточнение их положения происходит на величину, превышающую допустимую при составлении чертежа ошибку. Согласно [2], ошибка взаимного положения пунктов МС при составлении маркшейдерской графической документации не должна превышать 0,6 мм. Это означает, что необходимость перерисовки объектов маркшейдерской съемки при составлении подавляющего числа маркшейдерских чертежей (в масштабе от 1:1000 и мельче) практически отсутствует.

При изготовлении и сопровождении маркшейдерской графической документации электронно-цифровыми (ГИС) технологиями ситуация совершенно иная.

Одним из основных преимуществ электронного маркшейдерского чертежа является определение по нему расстояний между контурами объектов с точно-

стью произведенной маркшейдерской съемки. В этом случае фактически план горных выработок составляется в масштабе 1:1. При таком способе ведения графической документации целесообразность уточнения в положении объектов маркшейдерской съемки зависит от принятой на горном предприятии допустимой величины отклонения горных выработок от их проектного положения («качества проходки»).

В условиях современного горного производства к этой величине применяются достаточно жесткие требования. Например, в условиях разработки Старобинского месторождения калийных солей подземным способом допустимая величина отклонения горных выработок от их проектного положения равна в среднем 0,1 м, что практически всегда меньше уточнения положения маркшейдерских пунктов при построении опорной МС.

Таким образом, можно сделать вывод, что составление и сопровождение маркшейдерских чертежей в электронном виде, – неременном атрибуте применения ГИС-технологий на горном предприятии, при построении МС способом «съемочная МС – опорная МС» неизбежно приводит к периодической перерисовке плана горных выработок, что вряд ли стоит признать целесообразным. Избежать процесса перерисовки электронных планов горных выработок можно при построении МС способом «пополнительная МС – контрольная МС». Этот способ предполагает отсутствие деления по точности полигометрических ходов, применяемых для съемки горных выработок [1].

Построение дополнительной МС производится постоянно, по мере продвижения забоя горной выработки, методом двойных висячих полигонов, пополняемых фактически одновременно с заданием направления на проходку. Точность угловых и линейных измерений в таких сетях устанавливается проектом на построение МС с учетом обеспечения необходимой точности определения взаимного положения ее пунктов, которая, в свою очередь, определяется горным предприятием в зависимости от решаемых им горно-эксплуатационных задач на каждом конкретном участке разрабатываемого месторождения.

При необходимости, которая может быть вызвана изменением первоначальных условий ведения горных работ и, как следствие, внесением соответствующих корректив в действующий проект построения МС, положение пунктов дополнительной МС будет контролироваться повторным проложением или замыканием полигометрических ходов. Использование в МС контрольных ходов, по всей вероятности, также будет предполагать перерисовку плана горных выработок. Однако в этом случае, перерисовка будет происходить эпизодически и только в том случае, если первоначально принятый проект построения МС

## МЕТОДЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО КОНТРОЛЯ

не будет отвечать требованиям решения отдельных горно-эксплуатационных задач, что при квалифицированном подходе к его составлению можно избежать вовсе.

Примерная точность угловых измерений, обес-

печивающая необходимую точность положения пунктов дополнительной МС, приведена в табл.1. Точность линейных измерений при этом не должна быть ниже 5-7 мм для каждой стороны полигонометрического хода.

Таблица 1

Длина хода, км	Точность положения - 0,5 м		Точность положения - 0,3 м		Точность положения - 0,1 м	
	Длина стороны - 100 м	Длина стороны - 200 м	Длина стороны - 100 м	Длина стороны - 200 м	Длина стороны - 100 м	Длина стороны - 200 м
1,0	53"	70"	31"	42"	10"	14"
1,5	29"	37"	18"	22"	6"	7"
2,0	19"	26"	12"	16"	4"	5"
2,5	14"	18"	8"	11"	3"	4"
3,0	11"	13"	6"	8"	2"	2"

Очевидно, что способ «пополнительная МС – контрольная МС» требует применения практически на каждом рабочем месте маркшейдерской службы горного предприятия высокоточного маркшейдерского оборудования – электронных тахеометров. Исходя из того, что стоимость такого оборудования на современном рынке довольно высока, каждое горное предприятие перед началом процесса внедрения ГИС-технологий в управление производством должно реально оценить свои финансовые возможности не только в приобретении компьютерной техники, программного обеспечения и обучении персонала, но и в закупке самых современных маркшейдерских средств измерений. В противном случае, ожидаемый эффект от внедрения ГИС в маркшейдерское обеспечение горных работ может быть не достигнут.

Построение дополнительной маркшейдерской сети методом двойных висячих полигонов имеет при использовании ГИС-технологий еще одно немаловажное преимущество перед другими методами, предполагающими раздельное уравнивание углов и приращений координат.

Уравнивание двойного висячего полигона, заключающееся в определении средних значений практически на стадии предварительной обработки измерений [3], позволяет в качестве базы данных, описывающей все параметры МС, использовать лишь координаты ее пунктов. Значение дирекционных углов сторон в этом случае можно определять решением обратной геодезической задачи.

В отличие от этого, раздельно уравниваемая

МС должна сопровождаться двумя независимыми базами данных: координат пунктов и предварительно уравненных дирекционных углов. При значительной протяженности МС сопровождение и взаимосвязь между двумя этими базами создает дополнительные сложности при работе с ГИС, которых, как сказано выше, можно избежать.

### Заключение

По нашему мнению, использование в широкой практике маркшейдерского обеспечения горных работ цифровых геоинформационных технологий следует рассматривать не просто как некую «компьютеризацию» маркшейдерских вычислений и ведения маркшейдерской документации. Это процесс, затрагивающий многие инженерные аспекты выполнения маркшейдерских работ и требующий от специалистов маркшейдерских служб горных предприятий постоянного стремления к использованию в своей деятельности самых оптимальных и точных приемов и методов выполнения измерений.

### Литература

1. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов в двух частях / Под ред. И.Н.Ушакова. – М.: Недра, 1989 – часть I, С.36-38.
2. ГОСТ 2.851-75. Горная графическая документация. Общие правила выполнения горных чертежей.
3. Справочник по маркшейдерскому делу / Под ред. А.Н.Омельченко. – М.: Недра, 1973 – С.49.

*Э.Т.Денкевич, главный маркшейдер рудника; П.В.Смирнов, главный маркшейдер рудоуправления; Е.Т.Денкевич, главный маркшейдер рудника (РУП ПО «Беларуськалий»)*

Ю.В.Войцехович, А.М.Цываненко, А.Д.Трубчанинов

## СЪЕМКА СКЛАДОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СПУТНИКОВЫМИ МЕТОДАМИ

Системы спутникового определения координат геодезическими и маркшейдерскими службами предприятий применяются в первую очередь для создания и реконструкции планово-высотного опорного обоснования, реже для кадастровых съемок и совсем незначителен опыт применения GPS для массовых съемочных работ.

Известно, что в зависимости от типа приемников и программного обеспечения существует несколько режимов работ, но по сути два:

- «статика» – сбор данных на каждом пункте осуществляется от 30 мин. до 1,5–2-х часов, роверный приемник при перемещении с пункта на пункт выключен, т.е. на каждом пункте определение фазы несущей частоты осуществляется заново;
- «кинематика» («Stop&Go», «писать траекторию», «быстрая статика») – когда фаза несущей частоты определяется оккупацией предварительно измеренной базовой линии (оккупация двух известных точек), что называется «инициализацией». Затем оператор включает динамический (кинематический) режим и может двигаться. Основная сложность заключается в том, чтобы не потерять фазу несущей частоты, т.е. следует избегать потерь спутников. Это основной ключевой факт, характеризующий кинематическую съемку. Наблюдения на пунктах составляют 1-2 мин. для Stop&Go и 10-15 мин. для «быстрой статики» («псевдокинематика», «реокупация»), когда один и тот же пункт посещают дважды.

ООО «ФЭЦИТ» с 1997 г. использует для выполнения топографических работ и контроля качества автомобильных дорог одночастотный прибор автономного спутникового определения координат GG-24 Ashtech (GPS+ГЛОНАСС), состоящий из двух приемников [1]. Основные технические характеристики комплекта:

12 каналов GPS, код и фаза несущей на частоте L1;

12 каналов ГЛОНАСС, код и фаза несущей на частоте L1;

СКО измерения относительно базовой станции в режимах:

СТАТИКА	расстояний	$\pm(10 \text{ мм} + 1\text{ppm} \times d)$ ,
	превышений	$\pm(17 \text{ мм} + 1.7\text{ppm} \times d)$ ,
КИНЕМАТИКА, ПСЕВДОКИНЕМАТИКА	расстояний	$\pm(15 \text{ мм} + 1\text{ppm} \times d)$ ,
	превышений	$\pm(22 \text{ мм} + 1.7\text{ppm} \times d)$ ,
	$d$ – измеряемое расстояние в км (от базовой станции до роверной),	
	$\text{ppm} = 1 \times 10^{-6} [d]$ ;	

Максимальная длина базовой линии – 20 км.

Комплект состоит из 2 приемников (ровер и база) с объемом памяти 8 Mb, контроллер, с помощью которого производится управление съемкой, аксессуары. Программное обеспечение контроллера позволяет задать имя точке, величину эпохи измерений, высоту инструмента (фазового центра антенны над точкой), на табло контроллера во время съемки отображается характеристика созвездий спутников (азимут, номер спутника, угол возвышения спутников над горизонтом, отношение сигнала к шуму, работает или нет), показатели зарядки аккумуляторов, а также сведения о размере свободной памяти приемника.

Для обработки измерений используется программное обеспечение WinPrism, с помощью которого производится прием сырых данных с приемников, расчет и уравнивание координат точек.

Схема перевода геоцентрических координат в прямоугольные в данном программном обеспечении устроена таким образом, что делает возможным получение координат снимаемых точек без обязательного наблюдения трансформационных пунктов на объектах, где необходимо получить съемку в какой-то условной системе координат, принимая за исходные координаты базовой станции, определенные в абсолютном режиме. Причем полученная условная система координат имеет строгую ориентацию на Север и постоянную  $\Delta H$  с Балтийской системой высот. Геоидальная модель уже «защита» в обрабатываемой спутниковые измерения программе. Именно это, а также некоторые другие особенности приемника и программного обеспечения делает возможным легко и быстро производить съемку складов строительных материалов и угольных складов открытого типа, как в условной системе координат, так и в системе координат, принятой на предприятии.

Ошибка определения объема складов ( $m_V$ ) складывается из ошибок определения координат и высот, т.е. зависит от способа съемки ( $m_{ХУН}$ ), ошибок построения топографической поверхности ( $m_{Т.П.}$ ) и ошибки метода подсчета объемов ( $m_M$ ):

$$m_V^2 = m_{ХУН}^2 + m_{Т.П.}^2 + m_M^2. \quad (1)$$

Традиционно для обмера склада необходимо сначала создать съемочное обоснование, т.е. проложить тахеометрический ход, затем уже непосредственно при теодолитной (тахеометрической) съемке реечнику необходимо на глаз определить характерные особенности топоповерхности, чтобы более или менее достоверно отразить набором пикетов существующую форму, поэтому лучший результат достигается, когда склад материала имеет какую-то спланированную, более или менее четкую геометрическую форму. Тогда зачастую объем считают по известным формулам геометрии, допуская, что форма склада представляет собой, например, усеченный конус, т.е. значение объема закруглено, но в допустимых инструкцией пределах. Если поверхность достаточно сложная, то достоверность при построении топогра-

фической поверхности снижается еще за счет человеческого фактора, когда исполнители в целях экономии времени стараются взять необходимый минимум пикетов (густота пикетов, как известно, нормируется плюс «характерные места»), «сглаживая» поверхность. «Необходимый минимум» – понятие довольно субъективное. В случае сложной геометрической формы подсчет объема склада производится способом вертикальных или горизонтальных сечений, где площади сечений определяется планиметром, что также снижает точность работ и увеличивает затраты времени на обработку.

Ошибка в подсчете объема в 1% от объема угля в 10000 м<sup>3</sup>, например, энергетической марки с объемным весом 1,28 т/м<sup>3</sup>, стоимостью 300-400 руб. за тонну, в рублях равна 38,4-51,2 тыс.руб. Для щебня в среднем это составит 15 тыс.руб. Несложно подсчитать, сколько это будет, если брать нормируемые допустимые значения. На сегодняшний день склады при плохом сбыте (летом, например) вместо 10-15 тыс.м<sup>3</sup> достигают 100-150 тыс.м<sup>3</sup>, поэтому объемы работ тахеометром, особенно оптическим, увеличиваются в 5-10 раз, и ошибки при подсчете объемов, если перевести их в рубли, более значительны.

Съемка складов с помощью GPS в режиме кинематики осуществляется следующим образом:

- устанавливается базовая станция на пункте съемочного обоснования с известными координатами и с контроллера вводятся все необходимые параметры (название пункта, высота антенны, величина эпохи и другие). Величина эпохи зависит от необходимой густоты пикетов. Обычно это 2-5 сек., т.е. каждые 2-5 сек. приемник записывает координаты;
- устанавливается неподвижно антенна на вешке роверного приемника для инициализации, необходимой для разрешения неоднозначности (определения числа полных периодов изменения фазы несущей частоты), примерно 10-20 мин. в зависимости от длины эпохи и условий радиовидимости;
- с контроллера вводится символ, означающий режим кинематики, в данном случае это знак вопроса (?), и можно двигаться по выбранному маршруту. Обычно, при съемке традиционным методом, способ съемки зависит от формы склада и, соответственно, выбранного способа подсчета объема склада (простые геометрические фигуры, вертикальные сечения, створы, теодолитная или тахеометрическая съемка при больших объемах). При съемке с помощью GPS геометрия склада не имеет большого значения. Время съемки склада будет зависеть только от того, с какой скоростью вы двигаетесь, чтобы пройти по всем характерным точкам, т.е. там, где вы пронесете вешку, будут определены координаты и высоты с дискретностью, зависящей от длины эпохи. Обычно сначала обходят подошву, потом выбирают наиболее оптималь-

ный маршрут непосредственно по самому складу. С контроллера устанавливается код той или иной снимаемой структурной линии четырьмя символами, например, подошва склада ?POD, непосредственно по складу ?O40 (фракция щебня 0-40), если необходимо перейти от одного склада к другому, а траектория пути пишется постоянно, то, чтобы удалить ненужные точки, можно обозначить, например, как ?UDA (удалить). Здесь следует отметить, что есть 2 варианта съемки:

1. первое – вешку все время несут вертикально на определенной высоте над поверхностью, например, 2-3 см, и эта величина прибавляется к высоте антенны, такой способ требует определенной физической силы от рабочего;
  2. второе – вешку ставят, переходя от пикета к пикету, и с контроллера кодируете нужные точки, тогда затраты времени несколько увеличиваются как при съемке, так и при обработке;
- в конце маршрута необходимо выполнить наблюдения на статической точке, для того, чтобы дать возможность программе обработки рассчитать координаты этой траектории в прямом и обратном направлении, а затем уравнивать полученные данные. Если начальная инициализация и конечная инициализация производились на пунктах с известными координатами и отметками, то программа обработки позволяет уравнивать всю цепочку измерений;
  - если в течение съемки произошли кратковременные уменьшения числа спутников и увеличение PDOP, лучше выполнить кратковременные наблюдения на вспомогательной статической точке, для восстановления захвата спутников, что создает более благоприятные условия для разрешения неоднозначности в программе постобработки.

На рис. 1 стрелками показан схематично маршрут съемки склада в случае, когда необходимо выполнить съемку в заданной системе координат. Базовую станцию установили на пункте с известными координатами, роверную для инициализации также на пункте с известными координатами, для контроля измерений конечную инициализацию производили там же.

После обработки данных в WinPrizm на выходе получается текстовый файл с прямоугольными координатами и высотами, который можно подгрузить в ЦММ, например, в CREDO. Объем высчитывается как разность двух поверхностей – исходной (основание под складом) и по которой произведена съемка методом призм. Если съемка выполняется в условной системе координат, тогда базовая станция при съемке устанавливается произвольно, а для расчета объема за исходную поверхность принимается поверхность, созданная по отметкам подошвы склада.

## МЕТОДЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО КОНТРОЛЯ

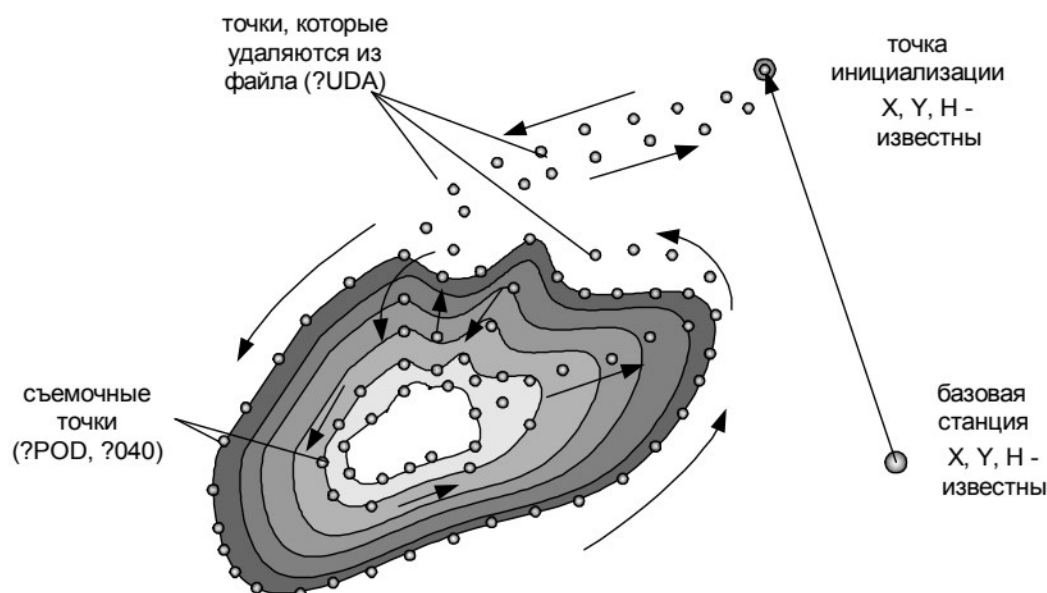


Рис. 1 Схема съемки склада с помощью GPS

Существует две основных трудности при съемке таким образом:

1. Соблюдать условия радиовидимости, т.е. необходим захват не менее 5 спутников по одной из систем (GPS или ГЛОНАСС).

2. Соблюдать вертикальное положение вешки, если используется 1 вариант съемки.

Радиовидимость зависит в первую очередь от формы склада, от времени суток производства съемок. С контроллера приходится все время отслеживать количество спутников и величину PDOP (геометрического фактора снижения точности). Допустимая величина PDOP определяется технической инструкцией по использованию GPS – приемников (обычно считается, что при  $PDOP \leq 4$  пространственная засечка хорошая, от 5 до 7 – удовлетворительная, более 7 – плохая).

Несмотря на то, что склады материалов бывают иногда высотой до 15-20 м, и при прохождении по подшве, казалось бы, неизбежна потеря захвата спутников, но на практике сложнее осуществить второй пункт. Дело в том, что часто в плане склад представляет собой в плане округлую форму и поэтому закрывается не слишком большой сегмент неба и, как правило, удерживается захват необходимого числа спутников. Для примера рассмотрим съемку небольшого по объему склада, но с точки зрения радиовидимости сложной формы, т.е. имеющего высокую насыпь (10 м) и крутой угол откоса. На рис. 2 показано трехмерное изображение и условно вешка с антенной, на рис. 3 – план и вертикальные разрезы в точке О, синим цветом показаны съемочные точки. Съемка производилась с величиной эпохи 2 сек., точки при этом получились через 0,7-1,5 м, что даже часто. На рисунках показано положение вешки (т.О) в наиболее неблагоприятном месте с точки зрения препятствий для радиосигнала. Проанализируем с помощью плана и разрезов (рис. 3), какой сегмент небосвода ви-

ден, и с каким углом возвышения над горизонтом «видно» спутники. На плане показано направление вертикальных разрезов. На вертикальных разрезах показаны углы для антенны на вешке высотой 2,20 м, характеризующие препятствие для радиосигнала. Например, по направлению О-5, производится прием сигнала только спутников выше  $40^\circ$ . Из рис. 3 видно, что перекрываются «хорошие» спутники (с углом возвышения над горизонтом выше  $15^\circ$ ) с углом отсечки до  $40^\circ$  на участке сегмента в  $72^\circ$ , т.е. примерно 1/5 часть, что вполне приемлемо. Так как наблюдения выполнялись не в самое благоприятное время, то реально в этой точке производился захват 6 спутников с углом возвышения над горизонтом выше  $15^\circ$ , что вполне достаточно. Если использовать программу планирования наблюдений, то можно выбрать наиболее благоприятное время съемки. Время съемки данного склада объемом  $3360 \text{ м}^3$  составило 8 мин без учета времени инициализации.

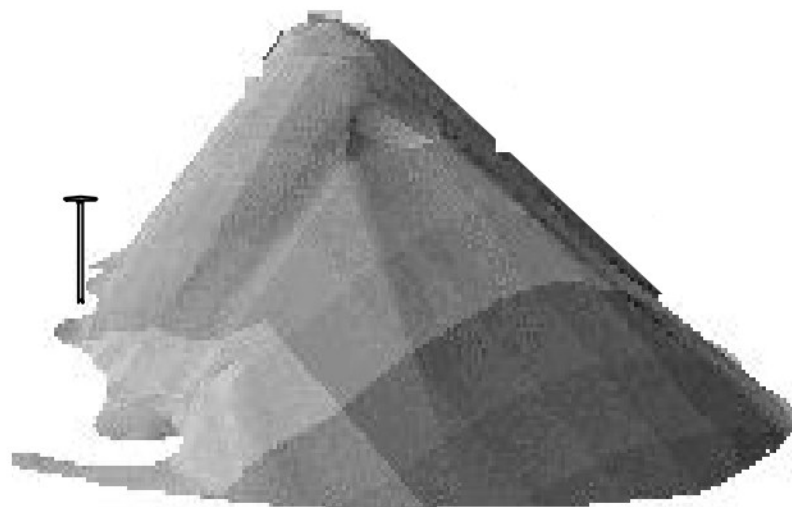
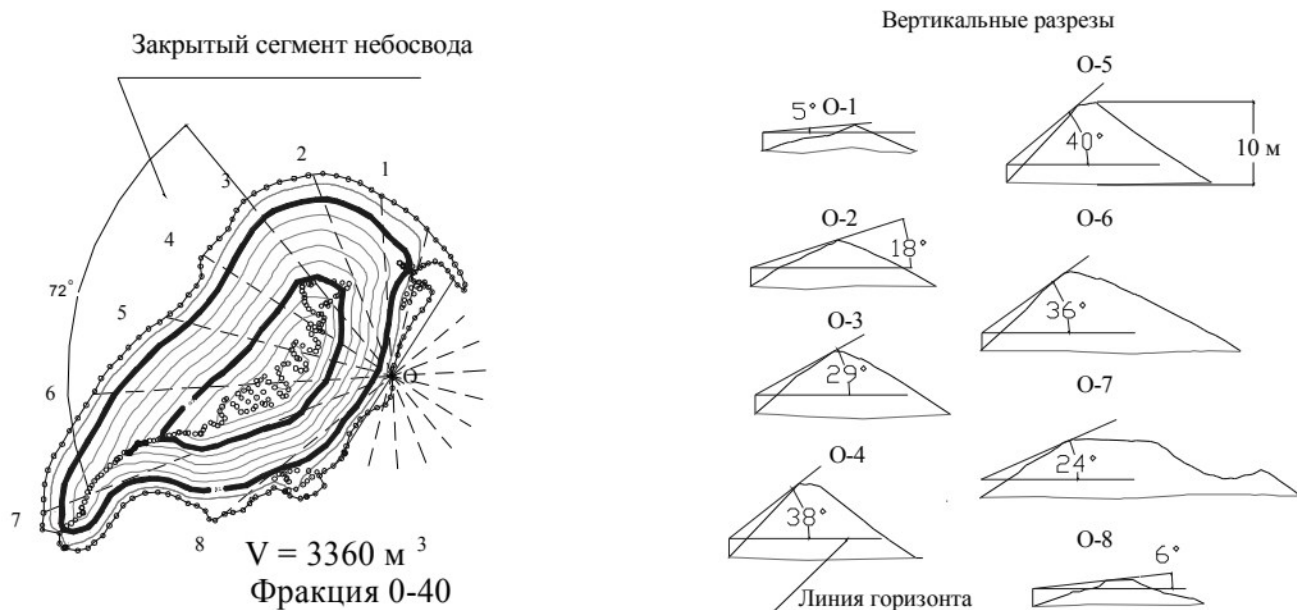


Рис. 2. Трехмерное изображение склада щебня



**Рис. 3 План и вертикальные разрезы**

Съемка складов особенно сложной геометрической формы с помощью GPS имеет ряд преимуществ:

- возможность наиболее точно отобразить топоповерхность практически любой формы с минимальными затратами времени;
- если съемка производится в системе координат съемочного обоснования, то достаточно только одного пункта опорного обоснования - если система координат ориентирована строго на Север, и 2 – пункта – если имеет разворот относительно Севера. Причем видимость между пунктами не требуется. Затратив однажды 15 мин. для инициализации, можно снимать сколько угодно, не прерываясь, как, например, при съемке традиционным методом, для того чтобы перейти с пункта на пункт;
- исключаются все ошибки, характерные при съемке традиционными методами, связанные с измерением углов и расстояний (наведение, взятие отсчетов, инструментальные ошибки), а также грубые промахи. Ошибка при определении координат будет зависеть только от расстояния ровера от базовой станции (если расстояние варьируется в пределах менее 1 км, то будет постоянной) и ошибки, связанной с условиями радиовидимости. Если потерь захвата спутников не было, то последняя минимальна;
- особенно выгодно, когда на площадке несколько складов, так как отношение времени непосредственно съемки ко времени, затрачиваемому на инициализацию, больше;
- представление координат в электронном виде.

Основной недостаток, о котором уже упоминалось, – это условие соблюдения постоянного захвата спутников, чтобы не было срыва фазовых измерений

и, вследствие этого, что обычно не нравится оператору – необходимо самому проходить по складу, так как необходимо отслеживать с контроллера захват и, конечно, невозможность съемки в залесенной или застроенной высотными сооружениями местности.

#### Выводы и рекомендации:

- преимущества GPS съемки очевидны, в первую очередь – это минимальные затраты времени съемки и обработки, нет необходимости выезжать на замер за несколько дней до конца месяца;
- не требуется видимости между пунктами опорного обоснования, пункты могут находиться на расстоянии до 20 км от склада.
- для более эффективной работы желательно с помощью альманаха (программа планирования наблюдений) заранее определиться со временем и маршрутом съемки, т.е. в зависимости от расположения склада по отношению к препятствиям для радиосигнала (дома, лес), выбрать оптимальное время, чтобы не было срывов фазы несущей частоты.

#### Литература

1. Опыт использования GPS для топографических съемок автомобильных дорог в режиме «Кинематика». Маркшейдерский вестник №2, М., 2002.- с. 43-50.
2. Руководство пользователя Ashtech GG-24 (GPS+GLONASS).
3. Серапинас Б.Б Введение в ГЛОНАСС и GPS измерения / Ижевск 1999 г.
4. Справочник по маркшейдерскому делу. Под общей редакцией А.Н.Оглобина. М. Недра, 1979.

*Ю.В.Войцехович, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии КузГТУ; А.М.Цываненко, руководитель группы изысканий ООО «Фэцит»; А.Д.Трубчанинов, заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геодезии КузГТУ*

**МАШИННАЯ ГРАФИКА В МАРКШЕЙДЕРСКОМ ДЕЛЕ**

В связи с развитием геоинформационных систем (ГИС) на многих предприятиях и в организациях различных отраслей промышленности ведутся работы по их применению для решения всевозможных инженерных задач: проектирования, планирования, диспетчеризации, создания графической документации. При помощи геоинформационных систем создаются базы данных цифровой горной графической документации с возможностью их пополнения и ведения. На основе баз данных формируются электронные планы горных выработок, геологические разрезы, планы развития горных работ и т.п. при изготовлении их бумажных копий на цветном плоттере. Это свидетельствует, что применимость компьютерной техники в этой области деятельности состоялось и не вызывает сомнений. Однако применение ГИС для изготовления горной графической документации, к которой относятся геолого-маркшейдерские и эксплуатационно-технологические чертежи, - вопрос не простой.

Порядок ведения и согласования бумажной горной графической документации определяется рядом государственных и отраслевых документов (стандартов, руководств, инструкций, методических указаний). Поэтому компьютерное ведение горной графической документации должно обеспечить безусловное выполнение требований нормативных документов к точности маркшейдерских планов, к их информационной насыщенности, к соответствию условным обозначениям. В то же время нельзя не учитывать специфику компьютерной техники при изготовлении и пополнении маркшейдерских чертежей. Кроме того, должна быть определена техническая политика, не ограничивающая выбор программных продуктов, но устанавливающая, например, перечень форматов обмена для компьютерных карт и планов, что должно обеспечить единое картографическое пространство по всей вертикали, существующей в горнодобывающей промышленности.

До сих пор не существует ни нормативных, ни методических документов, регламентирующих изготовление маркшейдерских чертежей по электронной технологии. Проблема осложнена также отсутствием стандартизированной электронной версии условных обозначений для горной графической документации, а также применением программных продуктов, работающих с разными электронными форматами, и отсутствием конверторов для их преобразования. Бытует, однако, мнение, что для изготовления документации с помощью компьютерной технологии нет никакой надобности в написании нормативных и методических документов. Позволив себе не согласиться с этим мнением, для обеспечения требований, приведенных выше, ВНИМИ разработал "Методические указания по составлению чертежей горной графической документации по электронно-цифровой технологии". Это первый официальный методический документ, регламентирующий решение технических вопросов, связанных с составлением компьютерной

горной графической документации.

«Методические указания...» определяют статус компьютерной формы горной графической документации; описывают процедуры ее создания, приемки и эксплуатации, включая вопросы взаимодействия заинтересованных служб и организаций; устанавливают систему ведения и пополнения цифровых планов горных выработок маркшейдерскими службами предприятий; обеспечивают техническое единообразие и унификацию.

«Методические указания...» находятся на утверждении в Госгортехнадзоре России.

И все-таки, по нашему мнению, этого недостаточно. Необходим ГОСТ, который бы дополнил существующие восемь ГОСТов, посвященных горной графической документации (ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75). Этот ГОСТ следует назвать: "Горная графическая документация. Условные электронные обозначения" и отразить в нем все вопросы, связанные с электронно-цифровой технологией изготовления маркшейдерских чертежей. В качестве приложения к этому ГОСТу, имеющего, однако, и самостоятельное значение в практическом его использовании, следует предусмотреть разработку единой базы данных условных знаков применительно к электронно-цифровой технологии изготовления маркшейдерских чертежей.

Как отмечалось, ГИС-технологии, позволяющие строить информационную модель с пространственно-координатной привязкой данных, все прочнее входят в процесс производства и управления и помогают успешно решать разнообразные задачи. В целом современный мировой уровень компьютерных графических систем для горнодобывающей промышленности отличается разнообразием, динамичностью развития, готовностью удовлетворить практически любые специфические требования заказчиков – при наличии у последних необходимых средств и достаточно квалифицированного персонала для освоения сложных программных продуктов. Рассмотрение наиболее сложных и развитых систем представлено, например, в статье Г.Н.Сычева [1].

Большое разнообразие систем, используемых часто даже в пределах одного предприятия, не способствует унификации информационного пространства. Примечателен в этом смысле опыт применения геоинформационного обеспечения в ОАО "Самотлорнефтегаз" [2], где информация о промысловых объектах рассредоточена по различным, часто не связанным друг с другом системам. Значительная часть ее хранится в электронном виде в различных форматах (ArcView, MapInfo, WinGIS, AutoCad), причем зачастую только в векторном виде без каких-либо семантических данных. Часть данных находится на бумажных носителях. Такое состояние приводит к многочисленному дублированию данных и существенно осложняет процесс производства и интеграции информации на уровне управления ОАО "Тюменская нефтяная компания" и ОАО "Самотлорнефтегаз".



Во избежание аналогичной ситуации разработку единой базы данных условных знаков применительно к электронно-цифровой технологии изготовления маркшейдерских чертежей предлагается вести с использованием программного продукта фирмы «Bentley MicroStation» и ряда разработанных на его основе приложений. «MicroStation» позволяет работать с данными в формате dgn, а для преобразования библиотек условных знаков, сформированных «MicroStation», существуют специальные конвертеры, представленные отдельными программами. В этом случае легко сформировать базу данных условных знаков для любой геоинформационной системы.

Проведенный анализ соответствия применяемых условных знаков процедурам создания, ведения и пополнения цифровых планов показал, что вся существующая база графических условных знаков может быть разделена на четыре группы:

1. Условные обозначения для горной графической документации.
2. Условные обозначения, принятые в системе Роскартографии.
3. Условные обозначения местного характера.
4. Условные обозначения, соответствующие Международному стандарту ИСО (ISO).

К первой группе относятся условные обозначения, предназначенные для изображения маркшейдерских чертежей на горнодобывающих предприятиях, в проектных и научно-исследовательских организациях. Они подробно описаны в официальном издании: «Горная графическая документация» ГОСТ 2.850-75 – 2.857-75.

Вторую группу составляют условные обозначения для картографирования земной поверхности, гострируемые и предписываемые Роскартографией.

К третьей группе относятся условные обозначения, которые не нашли своего описания в вышеуказанных документах, но их использование диктуется необходимостью, возникающей на отдельных месторождениях, объединениях или предприятиях. Они не носят широкий характер и используются в узких профессиональных целях.

Четвертую группу составляют условные графические обозначения для использования на подробных картах, планах и геологических поперечных разрезах, разработанных в соответствии с требованиями Международного стандарта ИСО (ISO).

Перечисленные группы условных обозначений используются на практике, дополняя и расширяя возможности составления графических материалов, сопровождающих техническую документацию.

Особую группу условных обозначений составляют знаки, появившиеся или которые могут появиться при разработке месторождений на больших глубинах или в зонах тектонически активных районов земной коры, применяемые при геодинамическом районировании недр во время строительства и эксплуатации протяженных газо- и нефтепроводов, при графическом отражении других процессов или явлений.

Все это должно быть учтено при составлении единой базы данных условных знаков применительно к электронно-цифровой технологии изготовления маркшейдерских чертежей.

Не лишним, а при использовании для создания, ведения и пополнения маркшейдерских цифровых электронных планов по технологии, разработанной ВНИМИ, необходимым является «Классификатор горной графической информации», предназначенный для оцифровки информации, отображаемой на планах горных выработок горнодобывающих предприятий. Классификатор является составной частью Единой системы классификации и кодирования горной графической информации, предназначенной для формализованного представления при ее автоматизированной обработке.

ВНИМИ в течение ряда лет ведет научные исследования в области создания цифровых маркшейдерских планов. За этот период разработана компьютерная технология ведения маркшейдерских планов, которая успешно внедрена на угледобывающих предприятиях акционерных обществ: «Воркутауголь», «Интауголь», «Гуковуголь», «Ростовуголь» и др. Работы по тематике продолжают как в научном, так и в практическом отношении.

В заключение отметим, что:

1. Современный мировой уровень решения задач проектирования, планирования и управления горным производством недостижим без использования систем компьютерной горной графики. Ожидаемое развитие геоинформационных систем сделает их еще более необходимыми в ближайшие годы. Оставаться в стороне от этого процесса - значит допустить в дальнейшем еще большее отставание отечественной отрасли в данном вопросе.

2. Для обеспечения правовых и технических вопросов компьютерных технологий изготовления маркшейдерской горной графической документации необходима разработка ГОСТа «Горная графическая документация. Условные электронные обозначения».

3. Для практического использования компьютерной технологии изготовления маркшейдерской горной графической документации следует разработать единую базу данных условных знаков; утвердить (с последующим изданием), находящиеся в Госгортехнадзоре России, «Методические указания по составлению чертежей горной графической документации по электронно-цифровой технологии».

#### **Литература**

1. Сычев Г.Н. ГИС - технологии в маркшейдерском деле. /Г.Н. Сычев, Г.П. Жуков, Д.С. Михалевич, И.П. Иванов //Геодинамическая и экологическая безопасность при освоении месторождений газа, его транспортировке и хранении. III Международное рабочее совещание 27-29 июня 2001 г. Спб.: Наука, РАН, 2001. -С.284-291.

2. Шитов А.В. Геоинформационное обеспечение ОАО «Самотлорнефтегаз». «Маркшейдерский вестник» №3, 2002. –С.27-29.

*Г.П. Жуков, И.П. Иванов (ВНИМИ)*

**ИЗ ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ АКВАТОРИАЛЬНЫХ  
МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАДИОГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЪЕМОК**

25 лет назад маркшейдерской лаборатории бывшего ВНИПИгорцветмета маркшейдерским отделом Минцветмета СССР было поручено решить проблему ежезабойных съемок дражных выработок с целью ликвидации потерь и разубоживания продуктивной горной массы («песков»). При больших глубинах драга успевала за сутки разработать один-два забоя, и маркшейдер имел возможность своевременно их заснять и наложить на план. При малых глубинах драга успевала на талых россыпях отработать за сутки более 5-6 забоев, что при забойной уходке 3÷5 м достигало в сутки 20÷30 м. Особенно плачевно приходилось маркшейдеру 2-3 драг (а иногда и более...). Иначе говоря, требовалась аппаратура, позволявшая автоматически фиксировать на плане углы каждого забоя.

Необходимо было решить крайне актуальную задачу.

Мы знали тогда о наличии на рынке различных сложных и тяжелых РГС, не обеспечивающих нужной точности определения координат точек нашего стояния. Нам нравилась ГРАС «Нейва», но ее громоздкость и недостаточные точностные характеристики заставляли задуматься. Челябинские конструкторы готовы были нам ее переделать согласно нашему техническому заданию... Но стоимость переработки была по рукам.

Близко ознакомились мы и с аппаратурой РГС ЦНИГАиКа, а также с рядом зарубежных моделей (Швеции, Швейцарии, ФРГ). Все они включали в свои комплекты отражатели или станции-ответчики. Поэтому, проанализировав всю полученную визуальную и литературную информацию, мы поняли, что же нам требовалось для продолжения нашей НИОКР по МРТС. А требовалось найти творчески активных и компетентных «радиоспециалистов», трудившихся в производственной организации, способной изготовить экспериментальные, опытные и серийные образцы, необходимые нашей отрасли МРТС (маркшейдерские радиотехнические системы)... Такую организацию и с таким коллективом специалистов мы нашли в 1979 г. в системе Минцветмета – НПО «СибЦМА» в г.Красноярске.

С благословения маркшейдерского отдела Минцветмета заключили с НПО СибЦМА договор, распределили роли в обеих лабораториях. Первым объектом для обеспечения комплектом МРТС выбрали драги. Сразу предусматривали, что дражная МРТС в дальнейшем войдет в АСМОД – автоматизированную систему маркшейдерского обеспечения драги. В Красноярске НИОКР начали Юрий Викторович Шеметов, Владимир Иванович Кокорин, Павел Александрович Лопардин и Борис Денисович Замедянский. Вокруг них сгруппировались «пионеры создания маркшейдерской МРТС». В нами составленном для них техническом задании заказываемая МРТС была на-

именована «Крабик-Д», т.е. коротковолновый радиогеодезический автоматизированный батарейный измерительный комплекс для драг. Предусматривалось, что к аббревиатуре «Крабик» для МРТС открытых (карьерных) горных работ, геологоразведке и подземных работ будет прибавляться соответствующая буква (Крабик-К, Крабик-Г, Крабик-П)... Любое начало всегда влекло за собой некоторый примитив...

Упомянутый коллектив создателей маркшейдерской радиотехнической системы «Крабик» перелопатили вновь, но с технической стороны огромный перечень информации о подобных комплектах. Ознакомились с отчетами по НИОКР Валентина Михайловича Кацмана из ВНИМИ. Приступил он к НИОКР не позднее 1965 г. Его аппаратура была разработана на базе теллуromетра Уодли (1957 г.). Все экспериментальные испытания ее проводились на Исовском прииске. Затем наши разработчики детально ознакомились с отечественным самолетным радиодальномером РДС и ГРАС «Нейвой» и с автотейном ДМ-40 (США). Все упомянутые радиоустройства, в какой-то степени, являлись предшественниками МРТС «Крабика».

Созданный экспериментальный образец системы «Крабик-Д» позволял определять координаты точек стояния от маяков в радиусе до 20 км, со средней квадратической погрешностью менее 0,5 м. Забои драг можно было фиксировать на плане, поскольку в комплект МРТС входил и графопостроитель. В процессе опытных испытаний весь комплект определителя координат на драге вполне умещался в закутке 2×2 м драгерского салона, т.е. вблизи драгера.

В сложившихся производственных условиях опытные испытания «Крабика-Д» мы совместно проводили на прииске Соловьевский ПО «Амурзолото» и на знаменитой 600-литровой драге ИЗТМ Мароканского прииска ПО «Лензолото». Результаты испытаний комплекса «Крабик-Д» вполне удовлетворили нас – соисполнителей. В то время Минцветмет нередко проводил выставки и школы передового опыта. «Крабик-Д» почти всегда появлялся на их стендах, вызывая определенный интерес многих участников.

В девяностые годы НИИ «Цветметинформации» имел в своем составе отраслевую киностудию. Фильм по нашему «сценарию» был снят и впервые был показан в демонстрационном зале институте «Цветметинформации».

Красноярский коллектив разработчиков радиогеодезических систем и ныне успешно создает новые РГС для МВФ и «морских» нефтяников. Представилась возможность опубликовать интересные сведения о маркшейдерских радиотехнических системах в учебных пособиях и средствах научно-технической информации.

Во все последующие годы сотрудники Красноярского ГТУ упорно работали в области создания компактной, транспортабельной, автоматизированной

## АКВАТОРИАЛЬНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ ВЫРАБОТОК

радиогеодезической системы для маркшейдерских съемок точек на акваториях. Они достигли в последние годы замечательных успехов. Аппаратура Красноярского ГТУ ныне полностью удовлетворяет всем требованиям, которые могли бы предъявить к РГС маркшейдеры драг, геофизических партий и нефтегазовых объектов на акваториях прибрежных морей и

заливов (ОАО «Сахалинморнефтегаз», АО «Полярное сияние», Каспийского нефтегазового бассейна и др.).

Полагаем, что авторы разработок РГС своей статьей (авт. А.М. Алешечкин, В.И. Кокорин) заинтересуют не только маркшейдеров драг, но главным образом маркшейдеров и геодезистов нефте- и газодобывающих компаний России.

*К.С. Ворковастов, канд. техн. наук, редактор «МВ»*

*А.М. Алешечкин, В.И. Кокорин*

### РАДИОНАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНЫХ КООРДИНАТ АКВАТОРИАЛЬНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ И ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Точное и непрерывное определение координат объектов при проведении акваториальных геологоразведочных и добычных работ является важнейшей маркшейдерской задачей. В частности, решаются следующие задачи:

- вынос в натуру проектных положений точек и профилей геолого-геофизических наблюдений;
- получение геодезической информации для управления технологическими процессами геологоразведочных или горных работ в реальном времени;
- фиксация точек при маневрировании драг и других плавсредств по заданной программе;
- определение координат углов дражных забоев и разрезов, а также буровых скважин в процессе производства акваториальных работ;
- измерение глубин в точках и на профильных створах геолого-геофизического назначения.

Для решения поставленных задач могут быть использованы фазовые радионавигационные системы (РНС), основными достоинствами которых явля-

ются высокая точность измерения радионавигационных параметров, узкий диапазон рабочих частот, высокая помехоустойчивость, широкие функциональные возможности [2].

В 2002 г. предприятиями г. Красноярска завершена разработка РНС «Крабик-БМ», предназначенной для высокоточного автоматического определения, индикации, регистрации координат местоположения и элементов движения различных надводных объектов.

По принципу действия «Крабик-БМ» относится к фазовым когерентным РНС со ступенчатым изменением частот и временным разделением сигналов, излучаемых береговыми опорными (ОС) и активными бортовыми (БС) станциями [1]. С целью расширения эксплуатационных возможностей и повышения эффективности использования, в РНС предусмотрены следующие режимы определения местоположения: дальномерный, разностно-дальномерный, комбинированный, дистанционный (рис. 1).

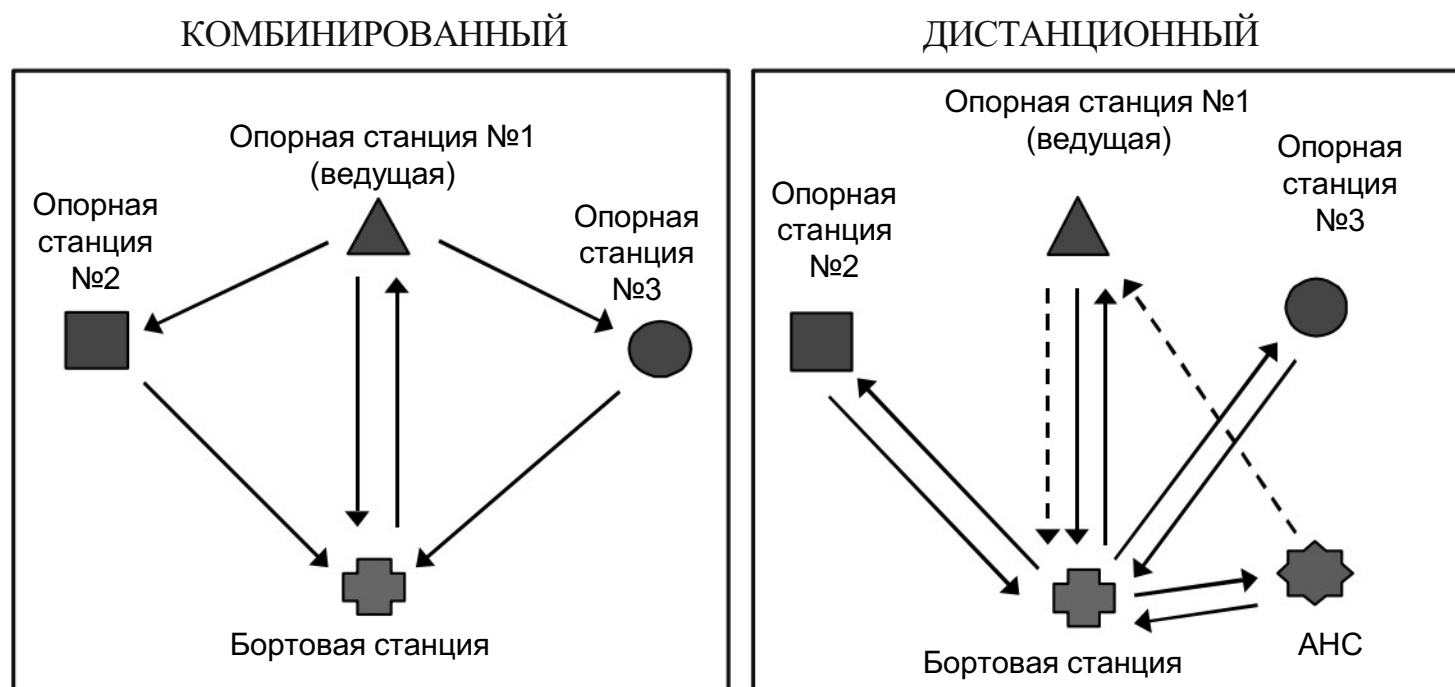


Рис. 1. Режимы работы РНС «Крабик-БМ»

## АКВАТОРИАЛЬНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ ВЫРАБОТОК

Формат радиосигналов РНС обеспечивает одновременную работу до шести береговых ОС и не более 8 активных (с излучением) БС в дальномерном режиме (для цепочки из 3-х ОС). Для цепочки из 6 ОС допускается одновременная работа до 4 активных БС.

В разностно-дальномерном режиме в зоне обслуживания РНС может работать неограниченное число БС. Работа РНС начинается с излучения сигнала ведущей ОС (ОС1). При этом БС измеряет значения разности дальностей между сигналом, прямо пришедшим от ОС1 (путь ОС1-БС) и через одну из ведомых ОС по пути ОС1-ОС2-БС и ОС1-ОС3-БС. В данном режиме БС работает только на прием сигналов опорных станций, т.е. не требует места во временном формате работы РНС.

Комбинированный режим работы РНС обеспечивает одновременную работу до восьми активных БС, работающих в дальномерном режиме, и неограниченное число БС, работающих в разностно-дальномерном режиме. При этом, в отличие от разностно-дальномерного режима, работа РНС начинается по запросу одной из активных БС. На запросный сигнал БС отвечает ведущая ОС (ОС1), на сигнал ОС1 отвечают ведомые ОС (ОС2, ОС3). В результате БС получает измерения разностей дальностей (как в разностно-дальномерном режиме) и сумм дальностей, используя которые можно определить значения дальностей БС – ОС1, БС – ОС2, БС – ОС3.

При работе в дистанционном режиме, активная необслуживаемая станция (АНС), расположенная на автономной объекте, излучает сигнал по запросу БС. Сигнал, излученный АНС, принимается БС, что позволяет определить дальность БС – АНС. Кроме того, сигнал АНС принимается и ретранслируется ОС1 (см.рис.1), а затем принимается БС. В результате этого БС получает суммарную дальность АНС – ОС1 – БС. Координаты АНС определяют по измеренным координатам БС и двум дальностям АНС – ОС1 и АНС – БС.

Возможность определения координат и элементов движения автономных объектов, снабженных АНС, в дистанционном режиме позволяет значительно расширить область применения РНС «Крабик-БМ» для решения различных специальных инженерных и изыскательских задач, например, определения положения поверхностных объектов при проведении трехмерной сейсмической съемки на акваториях.

В составе РНС одновременно могут работать несколько цепочек опорных станций, пространственно разнесенных между собой. Разделение сигналов между цепочками ОС осуществляется путем переключения частотного диапазона излучаемых сигналов. Развертывание нескольких цепочек позволяет расширить район разведывательных и добычных работ на побережье без дополнительной передислокации ОС.

Технические характеристики РНС «Крабик-БМ»

приведены в таблице.

Таблица

**Технические характеристики РНС «Крабик-БМ»**

№ п/п	Наименование характеристики	Ед.измер.	Значение
1.	Среднеквадратическая погрешность измерения дальности	м	0,2+ 0,5×10 <sup>-5</sup> Д
2.	Среднеквадратическая погрешность измерения координат	м	0,5 – 3
3.	Дальность действия (на прямой видимости антенн)	км	150
4.	Мощность сигнала на выходе передатчика в импульсе	Вт	0,5; 5,0; 20,0
5.	Диапазон рабочих частот	МГц	320-332
6.	Максимальная скорость объекта	км/ч	300
7.	Дискретность выдачи информации на периферийные устройства	с	1,0
8.	Канал информационного обмена с внешними устройствами – RS232 в стандарте NMEA-0183, скорость обмена	бод	4800

Унификация аппаратных и программных средств РНС «Крабик-БМ» позволяет оперативно изменять системные функции любой станции. В аппаратуре РНС реализована система автоматического контроля работоспособности блоков и узлов. Широкий набор тестовых программ обеспечивает высокую метрологическую достоверность измеряемых параметров. Бортовая и опорная станции реализованы на базе унифицированных взаимозаменяемых приемопередатчиков (ППРД). Смена режима работы, излучаемой мощности и рабочей частоты ППРД производится при помощи ручек управления, находящихся на передней панели прибора.

В состав ОС входит унифицированный ППРД, антенна, преобразователь напряжения, комплект соединительных кабелей. Питание аппаратуры ОС может осуществляться от аккумуляторных батарей или других источников постоянного напряжения 27 В или от сети переменного тока 220 В 50 Гц через преобразователь напряжения. Включение ОС в работу автоматически (по запросу с любой из БС) обеспечивает уменьшение их энергопотребления и улучшает условия электромагнитной совместимости с другими радиотехническими средствами.

БС выполняет измерения радионавигационных параметров по сигналам опорных станций, определяет собственные координаты, скорость и элементы движения объекта. В состав БС входит унифицированный приемопередатчик с антенной, преобразователь напряжения, пульт управления (ПУ) или бортовой персональный компьютер (ПК) для решения навигационных и сервисных задач, ввода и отображения информации (см.рис. 2, 3 и 4). ПУ может оперативно приводиться в рабочее состояние и служит для задания режимов работы ППРД БС, ввода исходных данных, отображения измеренных значений координат и положения объекта на заданном маршруте.

## АКВАТОРИАЛЬНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ ВЫРАБОТОК

В состав ПУ входит процессор, графический дисплей для отображения информации, клавиатура, устройство внешних интерфейсов для связи с другими бортовыми устройствами, картридж, устройство ввода данных с картриджа, накопитель информации.

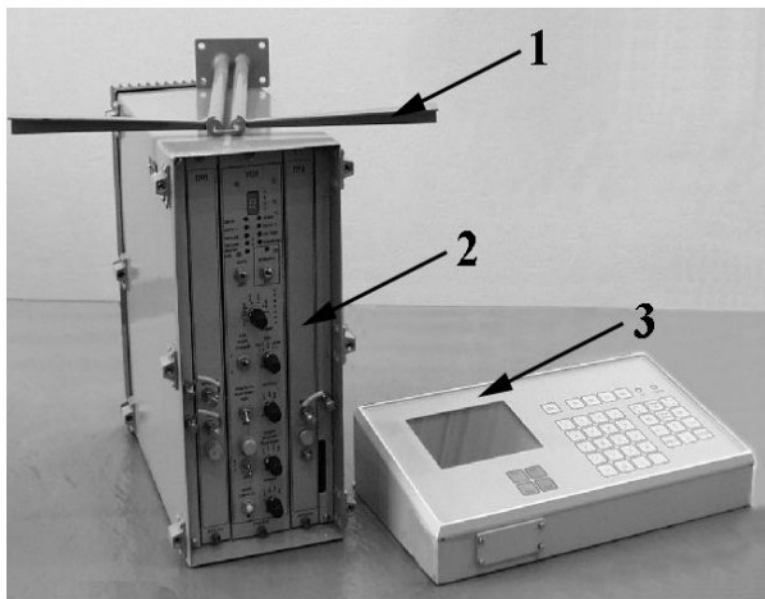


Рис. 2. Общий вид БС: 1- антенна, 2- ППРД, 3- ПУ



Рис. 3. Полный комплект БС на берегу перед монтажом на плавсредство



Рис. 4. Проектирование антенны над центром маркшейдерского пункта

Исходные данные вводятся с использованием сменного картриджа или оператором с клавиатуры ПУ. Многофункциональные кнопки клавиатуры ПУ позволяют оператору вводить любую буквенно-цифровую информацию. Предусмотрена возможность записи введенных с клавиатуры исходных данных на накопитель информации или в картридж ПУ для ускорения ввода исходных данных при последующих включениях БС.

Накопитель информации выполняет функции компьютерного накопителя на жестком диске емкостью до 112 Мбайт, что позволяет разместить операционную систему Windows 3.1, под управлением которой функционирует программа ПУ, а также записывать измеренные значения текущих координат БС и отмеченных маршрутных точек для последующей камеральной обработки результатов.

Картридж представляет собой сменный носитель информации емкостью от 2 до 32 Мбайт. Особенностью картриджа является то, что в составе накопителя он может быть загрузочным диском. Программирование картриджей производится на стандартном IBM-совместимом персональном компьютере, оснащенный специальными программно-аппаратными средствами, входящими в состав РНС. В картридж могут быть записаны координаты поворотных пунктов маршрута (ППМ), образующих рабочий маршрут, и выданы как задание на проведение исследовательских работ.

Для сопряжения с другими судовыми датчиками (эхолот, гирокомпас, лаг, РЛС), а также автоматической прокладки и документирования маршрута предусмотрен ввод – вывод данных через блок внешних интерфейсов ПУ. Блок внешних интерфейсов ПУ содержит один канал RS-485, четыре канала RS-232 для взаимодействия с ППРД БС и обмена информацией с внешними бортовыми устройствами. Обмен с бортовыми устройствами осуществляется в соответствии со стандартом IEC-61162 (NMEA-0183). В настоящее время организована программная поддержка следующих предложений NMEA: GLL, OSD, VTG, ZDA, WPL, RTE.

Программное обеспечение ПУ предназначено для решения навигационных и сервисных задач БС и обеспечивает:

- определение координат БС в системе координат Гаусса-Крюгера;
- определение и отображение координат БС на одном из заданных эллипсоидов: Красовского 1942 г., WGS-72, WGS-84, Бесселя, Хейфорда, Эверста или на своем эллипсоиде с заданными параметрами;
- ввод маршрута движения судна, содержащего до 100 поворотных пунктов маршрута (ППМ);
- вычисление пройденного на маршруте расстояния, остатка расстояния на текущем маршруте;
- вычисление пройденного и оставшегося расстояния на текущем галсе, бокового отклонения от заданной линии галса;

## АКВАТОРИАЛЬНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ СЪЕМКИ ВЫРАБОТОК

- определение текущих значений пеленга и дистанции для заданной точки;
- дистанционное определение текущих координат АНС в системе прямоугольных координат Гаусса-Крюгера;
- вычисление маршрутных координат и скорости движения своей БС;
- определение дальностей между своей БС и ОС;
- фиксацию координат отмеченной точки по команде оператора;
- ввод поправки к скорости распространения сигналов РНС с учетом изменения метеоусловий, показателя преломления атмосферы или ручной ввод скорости распространения;
- выдачу информации о положении БС во внешние бортовые устройства с дискретностью 0,125 – 1 с в зависимости от формата работы РНС.

При решении задач навигационно-геофизического обеспечения морских геологоразведочных работ, РНС «Крабик-БМ» может входить в состав судового промерного комплекса, структурная схема которого приведена на рис. 5.

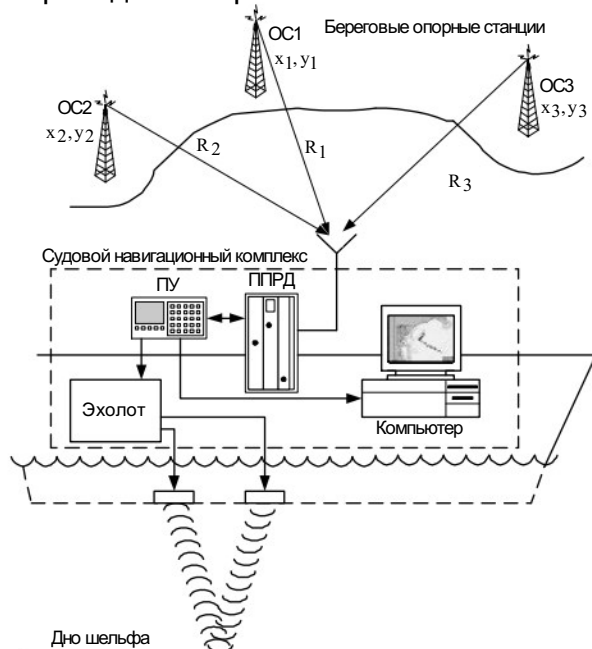


Рис. 5. Структурная схема судового промерного комплекса

Судовой промерный комплекс может сопрягаться с судовыми навигационными эхолотами типа НЭЛ, например НЭЛ-6 и т.д. Автоматическая выдача метки времени с заданным интервалом позволяет осуществлять координатную привязку глубины, определенной эхолотом.

Внешний компьютер оснащен программой для отображения текущего положения объекта на цифровой карте района работ по результатам определений координат, полученных РНС «Крабик-БМ». Исходные данные поступают в программу отображения по последовательному каналу компьютера с блока внешних интерфейсов ПУ БС.

С целью оценки технических и эксплуатационных характеристик РНС «Крабик-БМ» в 2002 г. проведены Государственные испытания на гидрографических судах тихоокеанского флота (г. Петропавловск-Камчатский).

Основные технические и эксплуатационные характеристики РНС «Крабик-БМ» оценены следующим образом:

- СКП определения радиодальности на расстоянии 10 км в стационарном положении – 0,2 м;

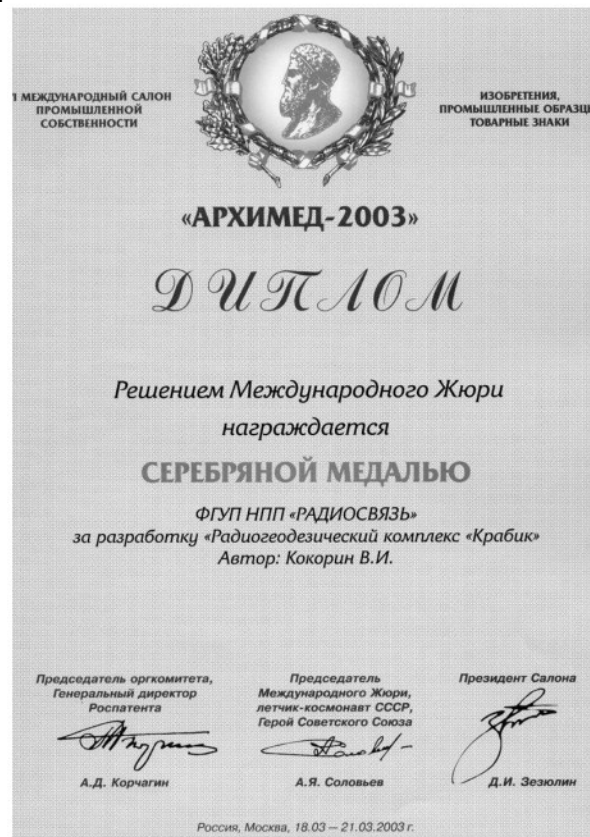
- Дальность действия – 94 км при мощности излучения передатчика 5 Вт и расчетной радиовидимости для заданной расстановки антенн станций не более 60 км;
- Вероятность разрешения неоднозначности определения координат – не менее 99%;
- Среднеквадратическая погрешность определения координат места судна в дальномерном режиме на дальностях не более 30 км – менее 0,5 м.

По сравнению с эксплуатируемыми в настоящее время отечественными системами аналогичного назначения, РНС «Крабик-БМ» обладает более высокими техническими характеристиками по дальности действия, площади рабочей зоны, скрытности работы, энергопотреблению, массе аппаратуры и сравнима с аналогичной модификацией радионавигационной системы «SYLEDIS» (Франция).

Работа выполнена при поддержке конкурсного центра фундаментального естествознания, г. Санкт-Петербурга (грант PD 02-2.7-91 г. на проведение молодыми учеными научных исследований в ведущих научно-педагогических коллективах ВУЗов и научных организаций Министерства образования РФ).

С 2003 г. РНС «Крабик-БМ» серийно выпускается ФГУП НПП «Радиосвязь», г. Красноярск.

Изобретение и конструктивная разработка РНС «Крабик» награждена Дипломом и серебряной медалью VI Международного салона промышленной собственности (пфк «Сокольники» в Москве) – «Архимед 2003».



### Литература

1. Инструкция по навигационно-гидрографическому и геодезическому обеспечению морских геологоразведочных работ (ИНГГО-86). Министерство геологии СССР. М.: 1986.
2. Агафонников А.М. Фазовые радиотехнические системы для морских исследований. М.: Наука, 1979.

А.М. Алешечкин, канд.техн.наук; В.И. Кокорин, канд.техн.наук, (Красноярский ГТУ)

*А.А.Кашкаров А.А., В.А.Коротков, Е.И.Пономарев*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ВОДООТВЕДЕНИИ НА ПОДТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*Рассматриваются вопросы, связанные с возможностью отведения поверхностных и подземных вод через подземное пространство подтопленных территорий производственных и социальных комплексов через систему водопонижительных и дренажных скважин, специальной конструкции.*

Проблема водоотведения в инженерном строительстве, мелиорации и осушении имеет богатую историю. Однако основное внимание в этой деятельности как в нашей стране, так и за рубежом акцентируется на разработке способов поверхностного дренажа обычно через систему дренажных канав и сетей.

В то же время из практики гидрогеологических исследований и мониторинга подземных и поверхностных вод хорошо известно, что в общем балансе естественного стока поверхностная составляющая для континентальных районов не превышает 10% суммарного стока. Основная масса инфильтрационной воды отводится к местам разгрузки через подземные природные транспортные пути, представленные линейно вытянутыми вдоль локальных и региональных форм рельефа зонами повышенной трещиноватости и пустотности.

Учитывая, что возможности регулирования (понижения) уровня поверхностных и подземных вод за счет поверхностных стоков (ручьев, канав, рек, озер, и т.д.) в основном ограничены, быстроисчерпаемые, а в ряде районов давно исчерпанные, то возникает проблема поисков принципиально новых путей и возможностей дренажа подтопленных территорий за счет разгрузки через естественную дренажную сеть подземного пространства горных пород и массивов.

Богатый опыт в этой области накоплен коллективом специалистов Института горного дела УрО РАН и Института испытаний и сертификации минерального сырья при УГГГА (г. Екатеринбург) на объектах производственного (горно-геологического) и социального (жилищное строительство) комплексов. Этот опыт методически отработан и адаптирован к условиям Среднего и Южного Урала. Однако нет никаких оснований к его применению в любом другом районе России, ближнего и дальнего Зарубежья. Многие методические приемы и научные разработки, особенно в части программно-алгоритмического, математического и физического аппарата гидрогеологического моделирования исходной и расчетной гидрогеологической ситуации подтопленных территорий, являются пионерными, не имеющими аналогов в мировой и отечественной науке и практике.

Большинство работ исследовательского характера реализовано на практике путем водопонижения уровня поверхностных вод и верховодки подтоплен-

ных территорий через естественные подземные транспортные пути, представленные зонами повышенной трещиноватости. Площадь осушаемых таким образом территорий составляла до 100 га. Для реализации проекта водопонижения использовалась сеть дренажных и водопонижительных скважин глубиной до 100 м.

Природоохранными службами повсеместно отмечалась высокая экологическая корректность и обоснованность такого способа водоотведения и осушения подтопленных территорий и участков.

Для решения этой задачи нами выполнен необходимый комплекс фундаментальных исследований, на основании которых разработан математический и программно-алгоритмический аппарат обработки и интерпретации исходной и дополненной специальным комплексом инженерных изысканий производной геологической, геофизической, гидрогеологической и маркшейдерской информации. Разработаны способы построения гидрогеологических моделей миграции подземных и поверхностных вод изучаемого района исходного характера и широкого набора расчетных моделей вариантов водоотведения с оптимизацией наиболее эффективного и экономически выгодного варианта.

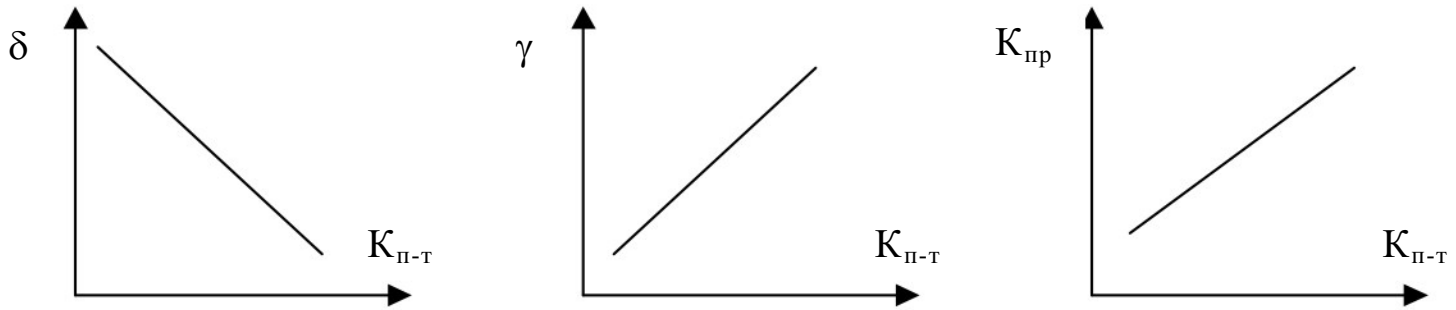
Методика инженерно-геологических изысканий ориентирована на использование всех видов геологических и геофизических исследований с целью оконтуривания и изучения фильтрационных свойств зон повышенной пустотности и трещиноватости горных пород и массивов, являющихся естественными путями миграции подземных вод.

Основной фундаментальной научной основой выполнения комплекса изыскательских, проектных и строительных работ является теоретическое обоснование взаимозависимости геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических полей явлений и параметров горных пород и массивов.

Структурно-вещественная модель горных пород и массивов представлена сочетанием фрагментов различной пустотности и трещиноватости в геомеханическом отражении (понимании) и выглядит сочетанием фрагментов различной прочности и устойчивости; в гидрогеологическом понимании – сочетанием фрагментов различной водопроницаемости (проницаемости); в геоэлектрическом отражении – сочетанием фрагментов различной электропроводности.

Исследованиями доказано, что фрагменты зон повышенной пустотности и трещиноватости одновременно являются фрагментами повышенной водопроницаемости, электропроводности и разупрочненности (рис.1).

## БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ



**Рис.1** Характер зависимости структурно-вещественных элементов пустотности и трещиноватости горных пород и массивов ( $K_{п-т}$ ) с прочностью ( $\delta$ ), электропроводимостью ( $\gamma$ ) и водопроницаемостью ( $K_{пр}$ ) при условии водонасыщенного состояния пустот и трещин

Основную роль в этих зависимостях играют взаимосвязанные пустоты и трещины, определяемые структурной составляющей пустотно-трещинного пространства горных пород и массивов. В этой связи геомеханические, гидрогеологические и геоэлектрические поля, явления и параметры целесообразно отнести к динамическим в отличие от статических (плотность, магнитная восприимчивость, радиоактивность и т.д.).

Активные составляющие структурно-вещественных моделей горных пород и массивов в геомеханическом, гидрогеологическом и геоэлектрическом отношении целесообразно именовать элементами разупрочнения, водопроводимости (водопроницаемости) и электропроводимости. Эмпирические и аналитические зависимости между геомеханическими, гидрогеологическими и геоэлектрическими параметрами горных массивов имеют линейный характер. Зависимости этих динамических параметров со статическими имеют нелинейный характер (экспоненциальный) характер.

На основании выполненных теоретических исследований обоснована возможность взаимной трансформации геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических моделей. Изучая геоэлектрические геофизические параметры, можно получить гидрогеологические и геомеханические модели горных пород и массивов. Это является принципиально важным при разработке методики изыскательских работ для решения проблемы водоотведения подтопляемых территорий через трещиноватые зоны подземного пространства этих территорий.

Весь комплекс работ водоотведения через подземное пространство подтопляемых территорий производится в два основных этапа:

1. Проектно-изыскательский опытно-методический этап.
2. Строительно-эксплуатационный этап.

На стадии проектно-изыскательского опытно-методического этапа выполняются:

1.1. Комплексные работы по анализу и систематизации гидрогеологических, геоморфологических, геологических, геофизических и инженерно-геологических работ прошлых лет по подтопляемому участку изучаемой территории с целью составления

комплексной исходной гидрогеологической модели участка водоотведения в компьютерном исполнении.

1.2. Построение и интерпретация исходной гидрогеологической модели миграции подземных и поверхностных вод на участке водоотведения.

1.3. Компьютерное моделирование условий водоотведения через подземное пространство на конкретном участке подтопления. Для решения этой задачи задействуются результаты работ по подэтапам 1.1-1.2, фондовые материалы геологических организаций, литературные источники, материалы метеослужб, геоморфологические данные, специальные алгоритмы и программы.

1.4. На основании подэтапов 1.1-1.3 выбирается наиболее оптимальное проектное решение по подземному водоотведению подтопляемого участка и формируется комплекс проектно-изыскательских опытно-методических работ.

1.5. Выполняется комплекс предпроектных изыскательских и опытно-методических работ, объем которых зависит от степени изученности участка подтопления работами прошлых лет, включающих инженерно-геологические, гидрогеологические, геофизические работы в площадном, глубинном и скважном вариантах, буровые работы.

1.6. Выполняется построение уточненной гидрогеологической модели миграции подземных и поверхностных вод, на основе которой производится компьютерное моделирование условий водоотведения на подтопляемом участке работ.

1.7. Разрабатывается строительный проект водоотведения через систему трещиноватости подземного пространства подтопляемой территории.

Второй строительно-эксплуатационный этап водоотведения предусматривает строительство сети водопонизительных и дренажных скважин, линейных дренажных сетей для сбора поверхностных вод и верховодки в подземное пространство участка подтопления. Схема, положение, число водопонизительных дренажных скважин, сети дренажных канав и их конструкция определяются путем оптимизации (минимизации) затрат при эффективном решении задачи водоотведения методами предпроектного компьютерного моделирования условий водоотведения подтопляемых участков изучаемых территорий.

*А.А.Кашкаров, с.н.с., к.г.м.н.; В.А.Коротков, инженер;  
Е.И.Пономарев, аспирант (ИГД УрО РАН г. Екатеринбург)*



## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОРОДНО-ЦЕЛИКОВЫХ ПОЛОС

Для защиты охраняемых объектов на поверхности в качестве одной из горных мер может применяться закладка выработанного пространства в виде породно-целиковых полос. Несущими элементами этой конструкции являются целики и закладочный массив, боковые поверхности которого отсыпаются под углом естественного откоса.

В работе породно-целиковых полос можно выделить три характерные стадии: целики находятся в допредельном деформировании, закладочный массив оказывает активное давление на боковую поверхность целиков: целики – в запредельном деформировании, закладка оказывает пассивное давление; целики – в запредельном деформировании, закладка – в режиме компрессионного сжатия от веса пород налегающей толщи.

Расчет параметров породно-целиковых полос основывается на использовании закономерностей взаимодействия целиков с закладочным массивом и вмещающими породами для различных стадий деформирования несущей конструкции.

Породные полосы, выложенные в выработанном пространстве для поддержания налегающей толщи горных пород, обладают определенной несущей способностью. В этой связи при назначении в качестве меры охраны подработанных объектов породной закладки в виде полос необходимо предварительно производить расчет оптимальной ширины таких несущих элементов.

При отсутствии в выработанном пространстве междукамерных целиков высота породной полосы уменьшается за счет усадки закладочного материала и за счет выдавливания его в выработанное пространство. Последнее продолжается до установления равновесия между действующей на полосу нагрузкой  $P_q$  и ее несущей способностью  $P_n$ , что выражается неравенством

$$P_q \leq P_n \quad (1)$$

Значение  $P_n$  можно определить методами механики сыпучей среды.

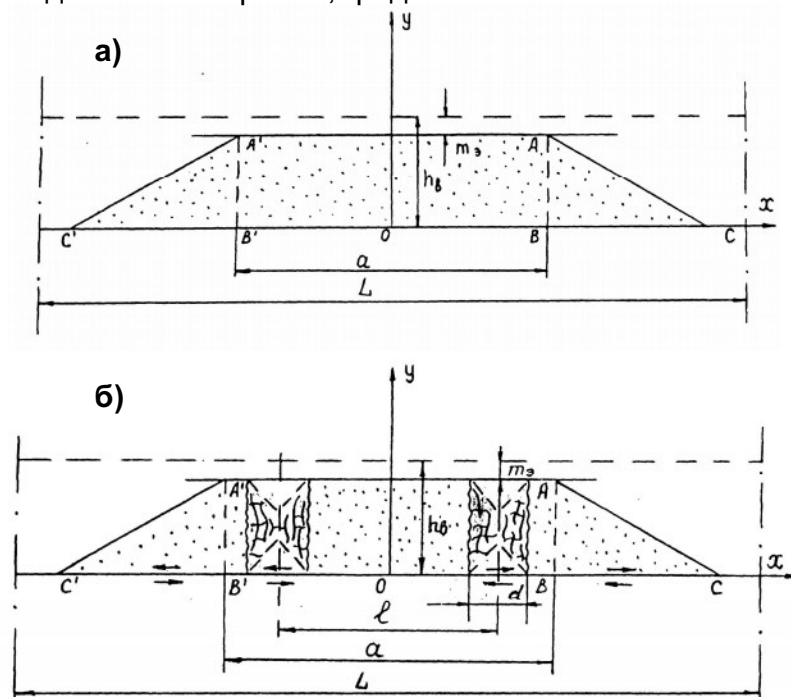
Выдавливание закладочного материала в выработанное пространство происходит с перемещением призм  $ABC$  и  $A'B'C'$  (рис. 1, а). Углы  $ABC$  и  $A'B'C'$  можно принять равными углу внутреннего трения материала, используемого для закладки [1]. При использовании шахтной породы углы  $ABC$  и  $A'B'C'$  можно принять равными  $30^\circ$  [2].

Призмы  $ABC$  и  $A'B'C'$  выполняют роль подпорных стенок и создают сечение  $x = -\frac{a}{2}$  и  $x = +\frac{a}{2}$  усилие на 1 м длины породной полосы, равное

$$P_1 = (m_b - m_a)^2 \gamma_3 \text{tg} \delta / 2 \text{tg} \rho_3, \quad (2)$$

где:  $m_b$  – высота выработанного пространства;  $m_a$  – эффективная мощность залежи, рассчитанная исходя из допустимых деформаций земной поверхности для охраняемых объектов;  $\gamma_3$  – объемный вес закладочного материала;  $\delta$  – угол трения закладочного материала

по породам почвы;  $\rho$  – угол внутреннего трения закладочного материала, град.



**Рис. 1. Схема к расчету ширины полосы:**  
а – породной; б – породно-целиковой

Выдавливание закладочного материала в выработанное пространство и увеличение эффективной мощности  $m_a$  происходит до тех пор, пока мощность закладочного материала не достигнет значения, при котором наступит состояние равновесия между действующей нагрузкой и несущей способностью породной полосы.

На основе методов механики сыпучей среды и теории предельного равновесия ширина породной полосы в этом случае может быть определена из выражения [1, 3]

$$a = (m_b - m_a) (1 + \sin \rho) \cdot \ell_n / \alpha' \sin \rho \{ [\alpha' P_q \sin \rho / (1 + \sin \rho) (m_b - m_a) P_1] + 1 \}, \quad (3)$$

где:  $\alpha' = \delta + \arcsin \frac{\sin \delta}{\sin \rho}$  (в радианах);  $P_q$  – нагрузка на целик.

В соответствии с гипотезой Турнера и учетом коэффициента запаса  $K_3$  породной полосы нагрузку на нее можно определить по формуле

$$P_q = \gamma_n \cdot H L K_3, \quad (4)$$

где:  $\gamma_n$  – объемный вес пород покрывающей толщи;  $H$  – глубина разработки;  $L$  – ширина столба пород, создающего нагрузку на полосу;  $K_3$  – коэффициент запаса.

При наличии в полосе междукамерных целиков выдавливанию закладочного материала в выработанное пространство препятствуют также силы сцепления целика с породами почвы. На рис. 1, б показана схема для расчета ширины породной полосы с расположенными в ней междукамерными целиками. В этом случае помимо усилий со стороны призм  $ABC$  и  $A'B'C'$ , препятствующих выдавливанию закладочного материала в выработанное пространство, действуют

## БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ

усилия в основании целиков. Величину усилия (приведенного на 1 м длины полосы) в основании целика можно определить по формуле

$$P_2 = \frac{c \cdot S}{J}, \quad (5)$$

где:  $c$  – сцепление по контакту целика с почвой;  $S$  – площадь поперечного сечения по подошве целика,  $J$  – шаг сетки междукамерных целиков.

С учетом усилия, действующего по подошве междукамерного целика, выражение для определения оптимальной ширины породной полосы запишется следующим образом

$$a = (m_b - m_o)(1 + \sin \rho) \cdot \ell_n / \alpha' \sin \rho \{ [\alpha' P_q \sin \rho / (1 + \sin \rho) + (m_b - m_o) P_1 + ncS/J] + 1 \}, \quad (6)$$

где:  $n$  – количество междукамерных целиков на участке  $x = 0 \div \frac{a}{2}$ .

Поскольку в формуле (6) количество междукамерных целиков на участке  $x = 0 \div \frac{a}{2}$  заранее

неизвестно, расчет производится методом последовательных приближений. В качестве первого приближения принимается  $n=1$ . Если при этом ширина полосы «а» получается такой, что на участке  $x = 0 \div \frac{a}{2}$  оказывается большее количество целиков, т.е.  $a > 2 \cdot \ell + d$ , то расчет производят для количества целиков, попадающих в породную полосу, определенную при расчете в первом приближении. Расчет производят до тех пор, пока количество междукамерных целиков в полосе не будет соответствовать расчетной ширине полосы.

Результаты расчета оптимальной ширины породной полосы, включающие междукамерные целики, были сведены в таблицу. При расчетах использовались следующие значения входящих в формулу (6) величин:

$$\rho = 30^\circ; \delta = 20^\circ; c = 220 \text{ т/м}^2; \ell = 20 \text{ м}; \gamma = 2,6 \text{ т/м}^3; K_3 = 2.$$

Остальные исходные данные принимались из таблицы 1.

Таблица 1

Пример расчета параметров полос из закладочного материала (сухая шахтная порода), включающих междукамерные целики

Залежь	Обозначение участка отработки	Размер участка отработки, м	Количество МКЦ на участке	Горно-технические условия		Эффективная мощность, м ( $m_3$ )	Условная ширина столба пород, создающего нагрузку на полосу, м	Средняя площадь сечения целиков в полосе, $m^2$	Очередность возведения полос	Расчетная ширина полосы, м	Рекомендуемая ширина полосы, м
				Глубина разработки, (Н)	Вынимаемая мощность, м ( $m_b$ )						
ПЮЗ-7-I-245	Штр. II-массив	90/210	40	174	5,1	1,2	45	48,2	18,19,20	22,2	35,0
ПЮЗ-7-II-245	штр. II-штр.3	152/312	87	162	4,5	1,2	76	52,8	3,а	23,09	35,0
	штр.3-мас.цел	174/134	60	164	5,8	1,2	87	54,9	3,б	29,51	35,0
	мас.цел-штр. I	158/296	105	163	6,0	1,2	80	42,3	14,15	32,2	35,0
ПЮЗ-6-III-195	... II-2бис	108/200	36	225	5,5	1,2	55	95,5	16	21,3	35,0
	бл.4071	74/116	17	220	5,5	1,2	–	полоса не всводится	–	–	–

По результатам расчета породно-целиковых полос разработан регламент и проект закладки выработанного пространства под центральной и южной частью поселка Рудник, который к 2003 г. реализован на 50%. В настоящее время ведутся исследования по оценке возможности использования вместо породно-целиковых полос полной закладки выработанного пространства оставшихся панелей хвостами обогащения.

Применение породно-целиковых полос свидетельствует об их высокой эффективности при защите охраняемых объектов. Наибольший интерес представляет использование полос для охраны инженер-

ных коммуникаций и других протяженных объектов.

### Литература

1. Барановский В.Я., Весков Н.И. О размерах предохранительных целиков угля для глубоких шахт. Уголь, №1, 1966.

2. Технологическая инструкция по применению систем разработки с камерной выемкой и закладкой на рудниках Джезказганской горно-металлургического комбината. Джезказган, 1985.

3. Ведяшкин А.С., Нестеров Г.А., Абельсеитов К.Б. К вопросу применения камерной системы при подработке охраняемых объектов. Сборник научных трудов №96.-Л., ВНИМИ. – 1975.

*А.С.Ведяшкин, К.К.Элиманов, Р.В.Ли, Т.Т.Ибр (КазНИМИ ОАО Корпорация «Казакхмыс»)*

С.П. Бахаева, С.М. Простов, Е.В. Костюков, Е.А. Серегин

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДАМБ ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведение маркшейдерско-геодезических наблюдений напряженно-деформированного состояния дамб из грунтовых материалов позволяет оценивать деформационные процессы в верхней её части, на глубине до 2-3 м от поверхности гребня. Для контроля состояния основания требуется закрепление глубинных реперов, но в связи с постоянной работой на дамбе горно-транспортного оборудования и планировкой поверхности, обеспечить сохранность рабочих реперов на длительный срок невозможно. Вместе с тем для достоверной оценки устойчивости тела дамбы и ее основания важно знание происходящих в ней процессов: консолидации пород, формирования коллекторов и изменения степени обводнения насыпного массива. Эти задачи позволяют решить бесскважинные электрофизические методы исследования грунтов.

Комплексные экспериментальные исследования маркшейдерско-геодезическими и геофизическими методами по оценке состояния дамбы из грунтовых материалов проведены на ОАО «Разрез Кедровский».

Дамба отсыпана из скальных вскрышных пород разреза поверх рыхлых намывных четвертичных отложений. Максимальная высота дамбы 15 м, длина по гребню 600 м, ширина по гребню 80 м. Основание дамбы на глубину до 30 м сложено суглинистым тонкодисперсным грунтом, полностью водонасыщенным. В верхнем бьефе (восточная сторона) сформирован напорный фронт, превышение гребня над зеркалом воды составляло около 3 м. В нижнем бьефе (западная сторона) расположена пляжная зона бывшего гидроотвала. На расстоянии около 1000 м от дамбы организован забой гидромеханизации, где ведут гидровскрышные работы по подготовке к выемке замкнутых ранее пульпой запасов угля. Таким образом, со всех сторон дамба испытывает геомеханическое воздействие: сверху – действием гравитационных сил пород тела дамбы; снизу – избыточным поровым давлением, обусловленным низкой проницаемостью суглинистых пород; со стороны верхового откоса – активными силами, действующими в основании со-

оружения по схеме плоского сдвига; со стороны низового откоса – деформированием массива за счет ведения гидромеханизированных работ.

Для изучения геомеханических процессов, происходящих в теле и основании дамбы, была заложена наблюдательная маркшейдерская станция, состоящая из двух профильных линий. Одна линия проходила вдоль гребня, вторая перпендикулярно гребню по пляжной зоне.

Привязка рабочих реперов и измерения производилась электронным тахеометром *Sokkia Set600*. По каждой серии наблюдений производился контроль результатов путем измерений двумя методами: «метод измерения расстояний и углов» и «метод координатных измерений». Кроме того, на каждой станции выполнялся контроль качества измерений, погрешность всех наблюдений не превышала требований полигонометрии 1 разряда: угловая не более 5", линейная 1:10000.

По каждой серии измерений вычисляли следующие параметры:

- смещения по осям абсцисс (x), ординат (y) и высот (z);
- вектор горизонтальных смещений ( $\vec{E}$ ), вектор оседаний ( $\vec{\eta}$ ) и полный вектор смещений ( $\vec{b}$ );
- скорости: горизонтальных смещений ( $V_E$ ), оседаний ( $V_z$ ) и полного вектора ( $V_b$ ).

По профильной линии №1 было проведено девять серий наблюдений, по профильной линии №2 – пять серий. Периодичность наблюдений определялась скоростью смещений реперов.

Основные результаты наблюдений сводятся к следующему.

В течение всего периода наблюдений по всей профильной линии №1 происходили как оседания, так и горизонтальные смещения реперов. Наиболее активные оседания произошли на участке Rp5+Rp8 (рис. 1).

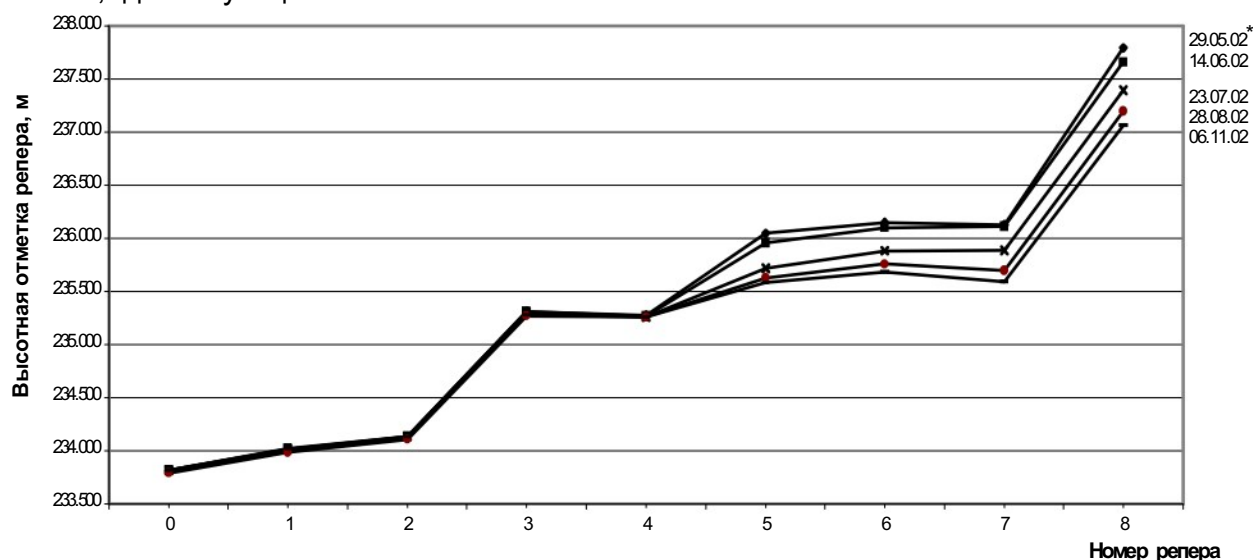


Рис. 1. График изменения высотных отметок реперов по профильной линии №1

\* справа указаны даты наблюдений

## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

В течение всего времени наблюдений оседания реперов происходили равномерно, горизонтальные смещения были незначительны, а с 9 по 23 июля модуль и скорость горизонтальных смещений стали увеличиваться, по отдельным реперам скорость достигла 17,5 мм/сут. По модулю горизонтальные смещения в два-три раза превысили оседания (рис. 2).

Такое изменение векторов указывало на разви-

тие деформации сдвига по контакту «сооружение-основание». После 23 июля модуль и скорость векторов горизонтальных смещений для всех реперов наблюдательной станции (кроме Rp 8) носят затухающий характер, и на дату последних наблюдений (6 ноября) скорость смещений составляла всего 1,4 мм/сут.

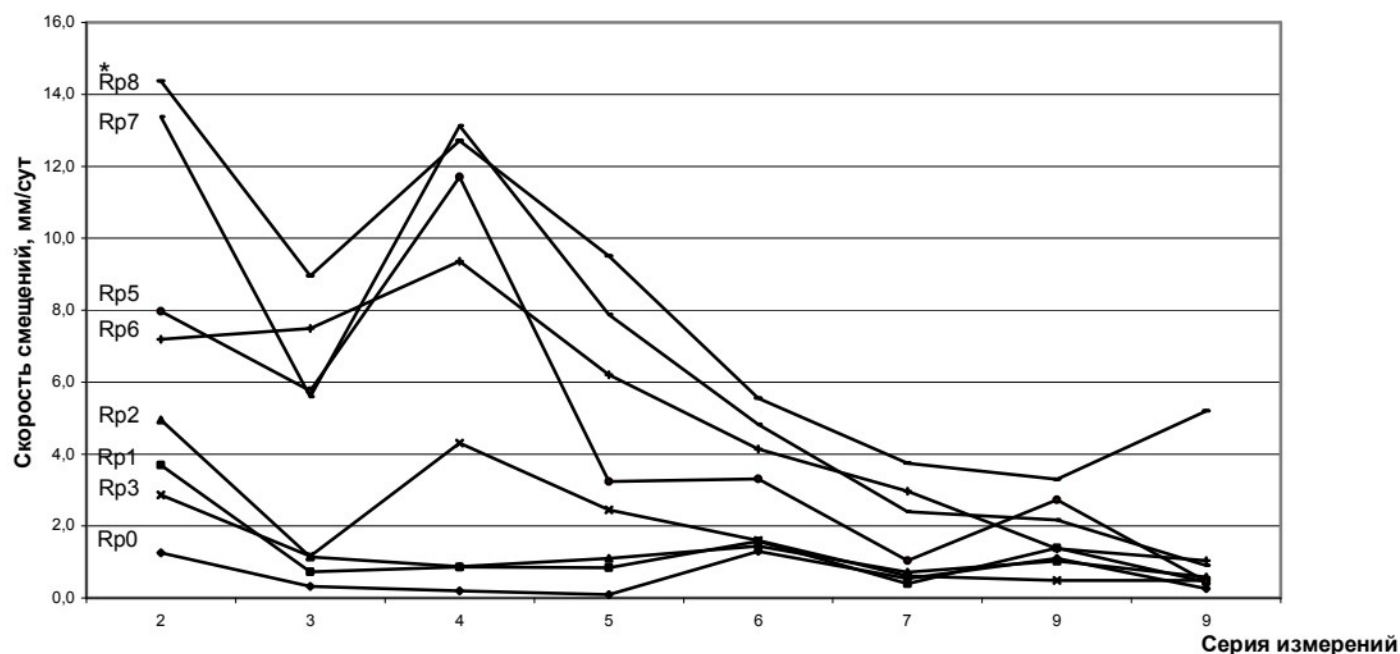


Рис. 2. График изменения скорости вектора горизонтальных смещений по профильной линии №1  
\*слева указаны номера реперов наблюдательной станции

Полученные результаты указывают на стабилизацию геомеханических процессов в теле и основании дамбы. Стабилизация связана с тем, что в теле дамбы в нескольких местах сформировались коллекторы, образовался выход фильтрационных вод в нижний бьеф, и в результате произошла разгрузка напряжений в теле дамбы от отрицательного воздействия напорного фронта. На формирование коллекторов в теле дамбы указывают и результаты геофизических исследований. Разгрузка напряжений, с одной стороны, положительно сказалась на устойчивости дамбы, с другой - привела к насыщению водой пород со стороны низового откоса и активизации горизонтальных смещений в нижнем бьефе. Примерно через полтора месяца после активизации сдвига на дамбе, произошел спływ намывных отложений в нижней части пляжной зоны (на участке, примыкающем к гидромеханизированному забою).

Анализ результатов наблюдений в динамике показывает, что в течение всего периода на участке примыкания дамбы к Пихтовскому железнодорожному отвалу (Rp5+ Rp8) происходило направленное сдвижение части дамбы в сторону нижнего бьефа.

По результатам инженерно-геологических изысканий (2002г.) установлено, что непосредственно в основании дамбы залегают суглинистые намывные

грунты тугопластичной консистенции, ниже мягкопластичные грунты, с более низкими прочностными характеристиками. Известно, что глинисто-суглинистые отложения в зависимости от степени водонасыщения способны переходить из твердого состояния в текучее. Поэтому формирование техногенного водоносного горизонта (коллекторов) на контакте намывных пород основания и насыпных пород тела дамбы ведет к насыщению пород основания водой. Это может привести к сдвигу тела дамбы по слабому водонасыщенному основанию. Таким образом, несмотря на уменьшение скорости полного вектора смещения реперов наблюдательной станции, для своевременного предотвращения чрезвычайной ситуации визуальные и инструментальные наблюдения необходимо продолжать до тех пор, пока сохраняется напорный фронт со стороны верхового откоса дамбы.

Скорости смещения реперов по профильной линии №2 значительно меньше, чем по линии №1. Диапазон изменения скорости оседаний составил от 12,4 мм/сут до 2,7 мм/сут (рис. 3).

В течение всего периода наблюдений горизонтальные смещения были значительно больше оседаний. Например, по реперу Rp 16 максимальные горизонтальные смещения составляют 198,3 мм, а оседания всего 9 мм (рис. 4).

## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

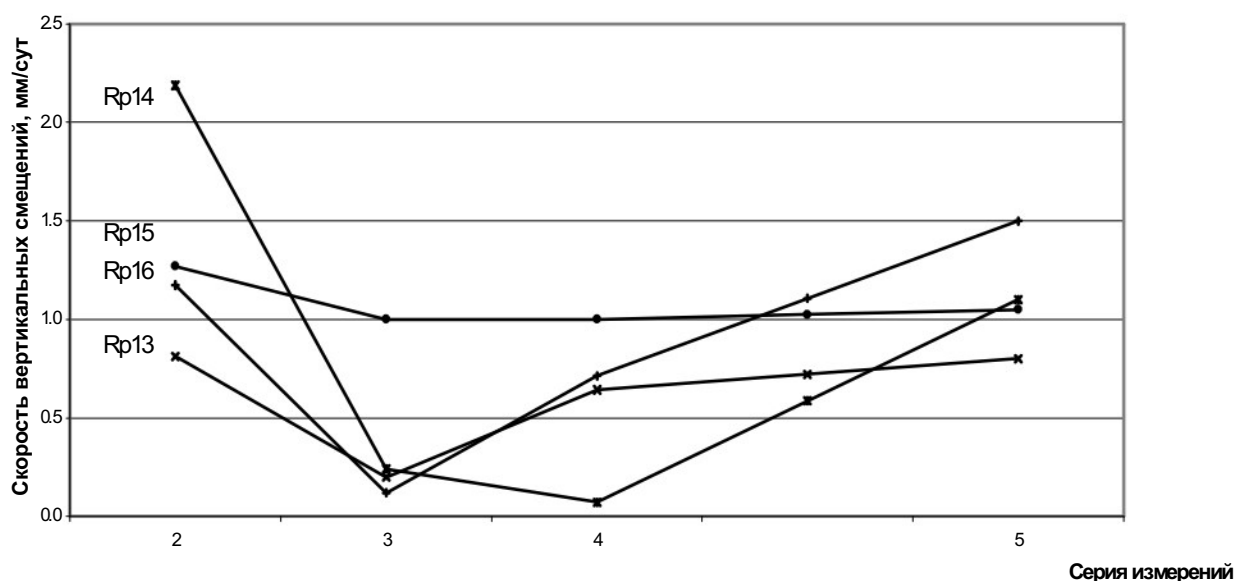


Рис. 3. График изменения скорости вертикальных смещений по профильной линии №2

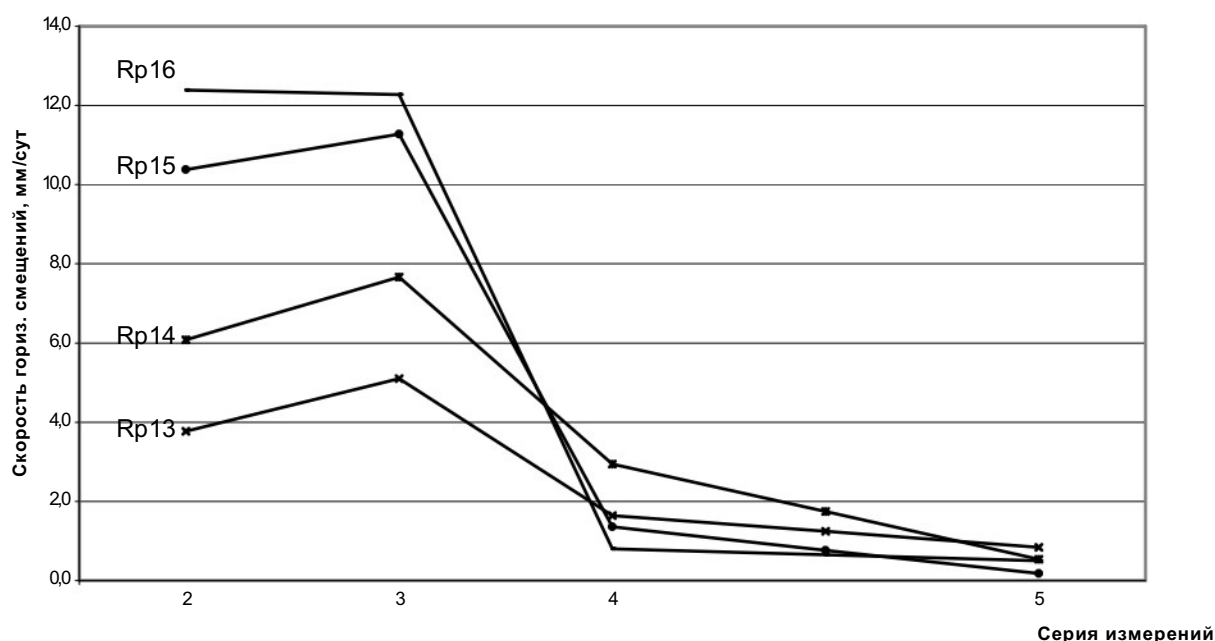


Рис. 4. График изменения скорости горизонтальных смещений по профильной линии №2

Результаты наблюдений указывают, что намывные отложения со стороны низового откоса дамбы постоянно перемещаются в сторону забоя гидромеханизации. Уменьшение скорости смещения реперов в последних сериях наблюдений произошло вследствие того, что верхняя поверхность пляжной зоны стала более насыщена водой, чем нижняя. Поэтому произошло «зависание» реперов, в то время как поверхность пляжной зоны передвигалась более активно.

Для более детального изучения массива пород ограждающей перемычки, а также прогноза образования и развития внутри ее тела аномальных неустойчивых обводненных зон применялся также метод эффективных электросопротивлений  $\rho_k$  на постоянном токе в вариантах вертикального электрического

зондирования (ВЭЗ) и электрического профилирования (ЭП), основанный на связи УЭС пород и грунтов с их пористостью и степенью влагонасыщения.

Первый этап исследований заключался в определении границ слоев геоэлектрического разреза методом ВЭЗ и сопоставлении этих границ с результатами инженерно-геологических изысканий. С этой целью было выполнено вертикальное электрическое зондирование на участках бурения геологических скважин. По результатам ВЭЗ установлено, что породы тела дамбы представляют собой 3-слойный геоэлектрический разрез: относительно высокоомный слой (I) насыпных пород, уплотненных автотранспортом (диапазон изменения эффективного УЭС  $\rho_k=320-70$  Ом·м); высокопроводящий слой (II) насыщенных

## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

среднеминерализованными грунтовыми водами намытых суглинков ( $\rho_k=60-20$  Ом·м); слой (III) увлажненных пород основания перемычки ( $\rho_k >40$  Ом·м). Граница между нижними геоэлектрическими слоями не акцентирована, поскольку суглинки и аргиллиты основания имеют высокую естественную влажность ( $W=0,24-0,26$ ). Диапазоны изменения эффективного УЭС слоев  $\rho_k$  соответствуют уровню УЭС проб пульпы ( $\rho =12,3-24,5$  Ом·м), пористости пород и грунтов ( $P=32-53\%$ ) и геоэлектрической модели трехфазной среды.

На первом этапе геофизических наблюдений (в июне 2002 г.) существенных аномальных зон не зафиксировано, что свидетельствует о стабильности геомеханического и гидродинамического состояния массива в начальный период формирования напорного фронта. Возрастание  $\rho_k$  на глубине 20-28 м на 8-15% обусловлено естественным уплотнением тела дамбы и выдавливанием влаги из отдельных полостей.

На втором этапе наблюдений в теле дамбы образовалась устойчивая зона фильтрации в районе Rp2.

Результаты ВЭЗ в створе с местом выхода воды (рис. 5) показывают, что изменение  $\rho_k$  на данном участке наиболее существенны, причем, если на интервале АВ=20-60 м (эффективная глубина зондирования  $r=5-15$  м) уменьшение  $\rho_k$  составляет 5-7%, то на интервале АВ=70-110 м ( $r=18-28$  м) достигает 15-20%. Зафиксированные изменения  $\rho_k$  по глубине свидетельствуют о постепенном увлажнении слоя насыпных грунтов в нижней части дамбы и образовании перувлажненных застойных зон.

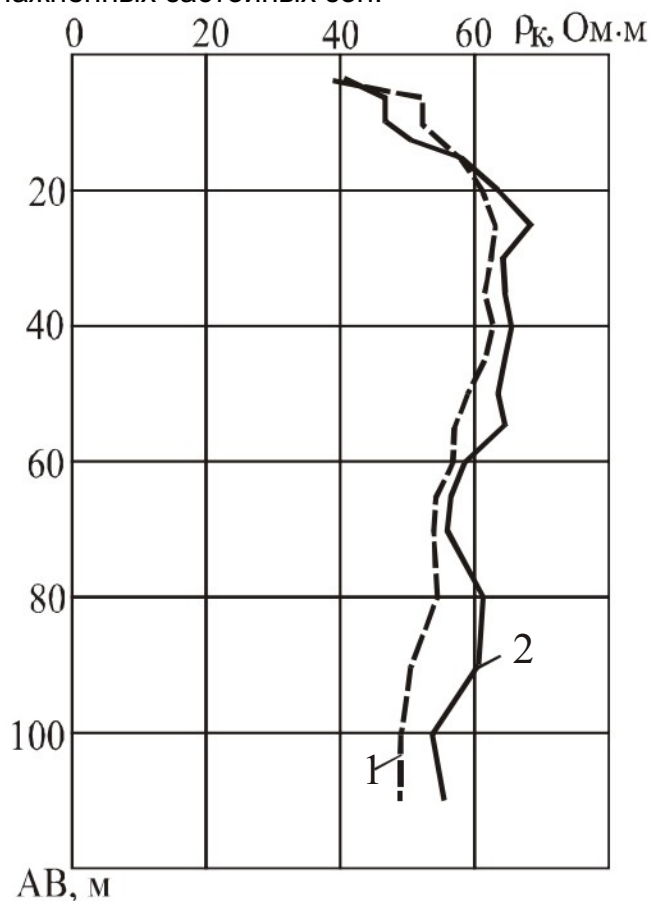


Рис. 5. Результаты ВЭЗ на участке фильтрации (в створе репера 2):

1 – 09.07.02 г.; 2 – 23.07.02 г.

Установлено, что расположение верхней границы обводненного слоя соответствует разнесу АВ=60 м ( $r=15$  м). Этот разнос был принят в дальнейшем при электропрофилеировании на данном участке.

В районе развивающегося в теле дамбы фильтрационного коллектора были проведены детальные комплексные исследования. Результаты электропрофилеирования по двум профилям (профиль  $O_1X_1$  располагался в 15 м параллельно контуру верхового откоса, профиль  $O_2X_2$  – также в 15 м параллельно контуру низового откоса) вдоль оси дамбы с шагом  $\Delta x = 5$  м представлены на рис. 6.

На графиках ЭП (23.07.02 г.) зафиксированы локальные отрицательные аномалии  $\rho_k$ : на интервалах  $x_1 = (-15)\div(-5)$  м и  $x_2 = 5\div30$  м. Данные аномалии показывают на формирование обводненной зоны в теле дамбы шириной 15-20 м, ориентированной под углом к ее оси.

На момент последних наблюдений (27.09.02 г.) была изменена высота насыпного слоя: верхняя часть этого слоя толщиной до 4 м была спланирована в сторону нижнего бьефа для уменьшения угла откоса дамбы.

Удаление поверхностного слоя приблизило исследуемую обводненную зону к гребню, что привело к снижению общего уровня  $\rho_k$  по профилю  $O_1x_1$  (на графике 2) на величину  $\Delta\rho_k = 15-20$  Ом·м, а в аномальной зоне  $\Delta\rho_k$  достигло 35-40 Ом·м, при этом более четко стала выражена вторая обводненная зона на интервале  $x_1 = (-15)\div(-25)$  м.

На графике  $\rho_k(x_2)$  (рис. 6) на этот момент уменьшение уровня  $\rho_k$  составило 2-10 Ом·м (высота насыпного слоя в районе оси  $O_2x_2$  не изменилась). Зафиксировано некоторое расширение аномальной зоны до диапазона  $x_2 = (-5)\div(-35)$  м. Таким образом, на момент окончания наблюдений ширина обводненной зоны увеличилась до 30-40 м. Прогнозируемое направление основного фильтрационного коллектора  $\bar{V}$  составляло угол 50-55° к продольной оси дамбы.

Продольное электропрофилеирование по оси дамбы проведено по всей ее длине таким образом, что точки замеров совпадали с расположением реперов Rp1÷Rp8 (рис. 7).

Измерения показали, что на начало наблюдений (график 1) породы насыпного слоя дамбы были резко дифференцированы по УЭС: на интервале реперов Rp1÷Rp4  $\rho_k=45-55$  Ом·м, на интервале реперов Rp5÷Rp8 УЭС резко возрастало до уровня  $\rho_k=75-80$  Ом·м. Данное различие обусловлено изменением гранулометрического состава грунтов, а именно, наличием более крупных кусков скальных пород и большей пористостью массива на втором интервале.

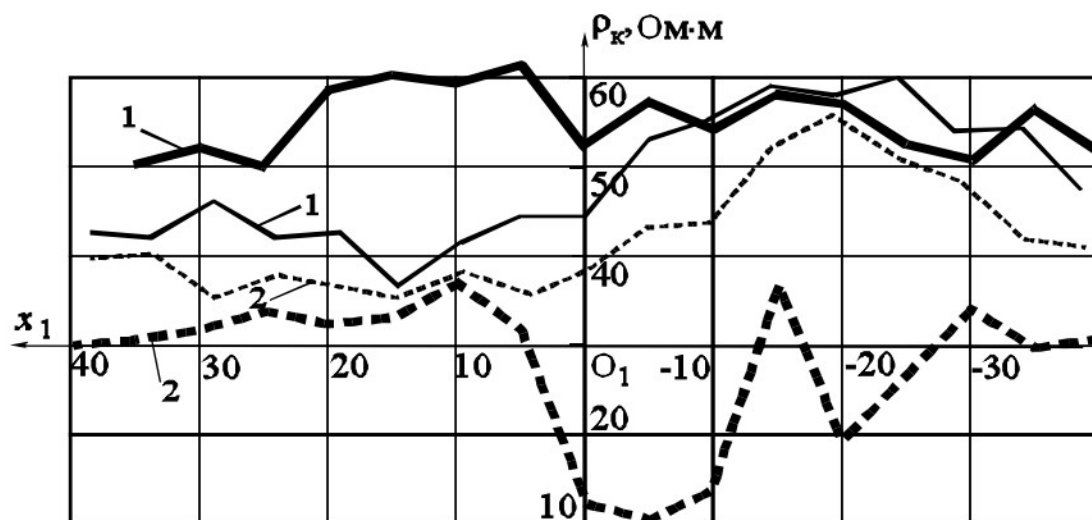


Рис. 6. Результаты ЭП в районе коллектора:

1 – 23.07.02 г.; 2 – 27.09.02 г.

— по профилю  $O_1x_1$ ,  $AB=60$  м; — по профилю  $O_2x_2$ ,  $AB=60$  м

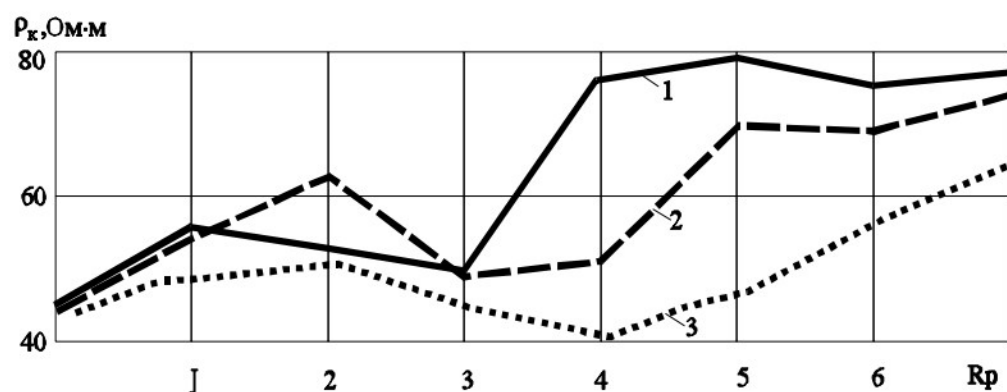


Рис. 7. Результаты продольного ЭП по оси реперов 1-8,  $AB=60$  м:

1 – 09.07.02 г.; 2 – 23.07.02 г.; 3 – 27.09.02 г.

На графиках (рис. 7) хорошо прослеживается общая тенденция снижения УЭС, что объясняется консолидацией насыпных скальных пород дамбы. На участке  $Rp1 \div Rp4$  уровень УЭС за весь период наблюдений уменьшился на 15%, а на участке  $Rp5 \div Rp8$  – на 50%, что указывает на активный процесс консолидации пород тела дамбы только на интервале

$Rp5 \div Rp8$ , что подтверждается и маркшейдерско-геодезическими исследованиями (рис.1).

Комплексный контроль геомеханических процессов в теле и основании дамбы из грунтовых материалов позволил своевременно разработать рекомендации по технологии дальнейшего безопасного ведения горных работ.

*С.П.Бахаева, канд. техн. наук, доцент, зам. директора по геолого-маркшейдерским исследованиям и экспертизе;  
Е.А.Серегин, руководитель группы геомеханических исследований (НФ «КУЗБАСС-НИИОГР» г. Кемерово);  
С.М.Простов, д-р техн. наук, профессор кафедры теоретической и геотехнической механики; Е.В. Костюков, аспирант (КузГТУ, г. Кемерово)*

*Р.А.Такранов, А.Н.Шеремет, В.П.Жилин, Н.В.Лагай*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗУЧЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИ ОДНОРОДНЫХ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Оптимальный объем исходной информации о трещиноватости угольных пластов и вмещающих пород позволяет вести обоснованные инженерные расчеты при решении практических задач технологии горных работ и геомеханики, а также снизить трудоёмкие полевые работы по изучению трещиноватости. Оптимизация изучения такого массового и повсеместного геологического образования в горных породах, как их трещиноватость, имеет еще и научно-прикладное значение.

Оптимизация методики изучения трещиноватости касается как сети пунктов, так и количества определений ее параметров (ориентировки и частоты) на каждом пункте. Методическая оптимизация актуальна, в первую очередь, для условий однородного геологического строения массива и моноклинального залегания пластов. В таких условиях отсутствуют макроскопически наблюдаемые признаки, которые можно было бы использовать в качестве предпосылок и своеобразных ориентиров для выбора положения пунктов изучения трещиноватости. Кроме того, необходимо подчеркнуть отсутствие исследований природы и математической оценки изменчивости параметров трещиноватости для обоснования сети ее изучения. При геологической аномальности, вызванной в основном геологическими разрывными и складчатыми нарушениями, сеть пунктов изучения трещиноватости является неоднородной, она сгущается по мере приближения к замку складки [1]. Выбор интервалов и положения пунктов на практике осуществляется индивидуально с учетом конкретных геологических нарушений, например с учетом амплитуды смещения и мощности зоны содизъюнктивной дислокации.

Рекомендации в публикациях и нормативно-методических документах относительно сети изучения имеют априорный характер и не обоснованы результатами изучения изменчивости трещиноватости. Нередко сеть изучения обусловлена необходимостью решения конкретных задач геомеханики, гидротехники и др. При разработке простых угольных месторождений чаще всего рекомендуется такая сеть: 200-500 м по простиранию и 100-200 м по падению. Количество определений на каждом пункте принимается с учетом общих положений статистики близким к 20.

С учетом вышеизложенного и для обоснования оптимальной сети изучения и количества замеров параметров трещиноватости на пункте были выполнены целенаправленные полевые и камеральные работы. Исследования проводились на угольных карьерах Южного Кузбасса, на которых хорошая обнаженность пород на протяженных участках благоприятствовала проведению массовых измерений ориентировки (азимута линии падения –  $A$ , угла падения –  $\delta$  и расстояния между трещинами –  $P$ ). Непосредственным объектом исследований была трещиноватость угольного

пласта III, отрабатываемого на соседних Междуреченском и Томусинском карьерах. Наблюдаемая трещиноватость представлена двумя нормальносекущими взаимно перпендикулярными системами трещин, относящихся к внутрисловоу литогенетическому типу.

На участке уступа Междуреченского карьера, длиной 200 м по простиранию пласта, были проведены массовые замеры  $A$ ,  $\delta$ ,  $P$ . Замеры проводились на семи наблюдательных пунктах, расположенных в среднем через 15 м друг от друга. На каждом пункте проводилось 20-30 замеров параметров трещиноватости, которые рассматривались как частные выборки из более 200 данных для каждого параметра.

На основе нашего горно-геометрического анализа [2] установлено:

1. В условиях однородного геологического строения и стабильного моноклинального залегания пород проявляется простая сеть из двух систем трещин со стабильными показателями ориентировки и частоты в пределах протяженных участков. Средние значения ориентировки и колебания характеризуются:  $A_1=186^\circ\pm 4,6^\circ$ ;  $\delta_1=84^\circ\pm 3,0^\circ$  – для первой системы;  $A_2=101^\circ\pm 7,3^\circ$ ;  $\delta_2=80^\circ\pm 3,8^\circ$  – для второй системы.

2. Частные выборки (параметры на пункте) принадлежат генеральной совокупности их значений для всех пунктов на исследуемом участке.

3. Изменение параметров трещиноватости  $A$ ,  $\delta$  и  $P$  носит случайный характер, их распределение чаще нормальное, реже – асимметричное. Для оценки достоверного среднего значения и колебаний применимы методы математической статистики.

Дальнейшие исследования, результаты которых изложены в статье, направлены на определение оптимального количества данных о параметрах трещиноватости протяженного участка.

Для установления оптимальной плотности сети пунктов замеров трещиноватости использован метод разрежения сети с элементами комбинаторики [3]. Сущность этого метода заключалась в следующем. Сначала на каждом пункте брались все значения изучаемого параметра, по ним определялись средние значения выборок, которые принимались за безошибочные. Далее проводился процесс разряжения. При первом шаге разряжения из выборок исключалось каждое второе значение показателя и вновь определялись среднее и среднеквадратическая ошибка (СКО). Причем уже при первом шаге разряжения возникло две возможных комбинации. Во второй комбинации первого шага разряжения анализировались только вторые, для которых определялись среднее и СКО. Для последующей простоты обработки, чтобы не накапливать большого количества цифр, а также с учетом случайного характера распределения параметров трещиноватости, на каждом шаге разряжения определялись средние значения изучаемого показателя



## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

теля и СКО для всех комбинаций параметра. При втором шаге исключались второе и третье значение и, соответственно, возникло уже три комбинации. Таким образом, число шагов разряжений на каждом пункте было равно  $(N-2)$ , где  $N$  – число измерений исследуемого параметра в выборке. Количество комбинаций на каждом шаге разряжения численно равно номеру шага плюс 1. Например, для изучения изменения азимута первой системы трещин А1 на первом

пункте анализировался 31 замер, при разряжении возникло 435 комбинаций  $(29 \cdot 30 / 2)$ . Ниже приведен фрагмент таблицы (табл.1), отражающей тенденцию изменения СКО и средних А1ср. при последовательном увеличении шага разряжения для исходных данных первого пункта и соответствующего количества комбинаций для числа данных ( $n$ ), участвующих в расчетах.

Таблица 1

Полная выборка	Шаги разряжения				Показатели
	Первый	Второй	Третий	Четвертый	
	Количество комбинаций				
	2	3	4	5	
<b>31</b>	16	11	8	7	n
<b>184,16</b>	184,75	183,00	186,62	184,14	А1 ср.
<b>3,05</b>	3,13	2,936	3,647	2,100	СКО
	15	10	8	6	n
	183,53	184,80	184,00	185,33	А1 ср.
	2,96	2,71	3,00	3,86	СКО
		10	8	6	n
		184,80	182,88	183,67	А1 ср.
		3,46	2,50	1,67	СКО
			7	6	n
			183,00	184,50	А1 ср.
			2,91	3,96	СКО
				6,00	n
				183,17	А1 ср.
				3,08	СКО
3,05	3,04	3,04	3,02	2,94	Средние СКО

Такие определения изменения (СКО) параметров трещиноватости были выполнены по всем семи пунктам отдельно для элементов залегания первой и второй системы трещин (А1, А2,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ) и расстояния между трещинами первой системы (Р1). Всего проанализировано 35 выборок. Выполненные исследования показали, что для всех параметров, при последовательном разряжении сети для всех комбинаций, наблюдается устойчивая тенденция снижения СКО

определения выборочного среднего (рис. 1, 2, ряд 1). Наряду с этим закономерно изменяется разброс СКО, так называемая «ошибка ошибки», которая оценивается стандартом отклонения  $S(\text{СКО})$ . Подтверждение данного положения получено путем тренд-анализа. Тренд – анализом установлена устойчивая корреляционная связь между шагом разряжения (ось  $x$ ) и ошибкой определения параметров трещиноватости, СКО и  $S(\text{СКО})$  (ось  $y$ ) (см. рис.1).

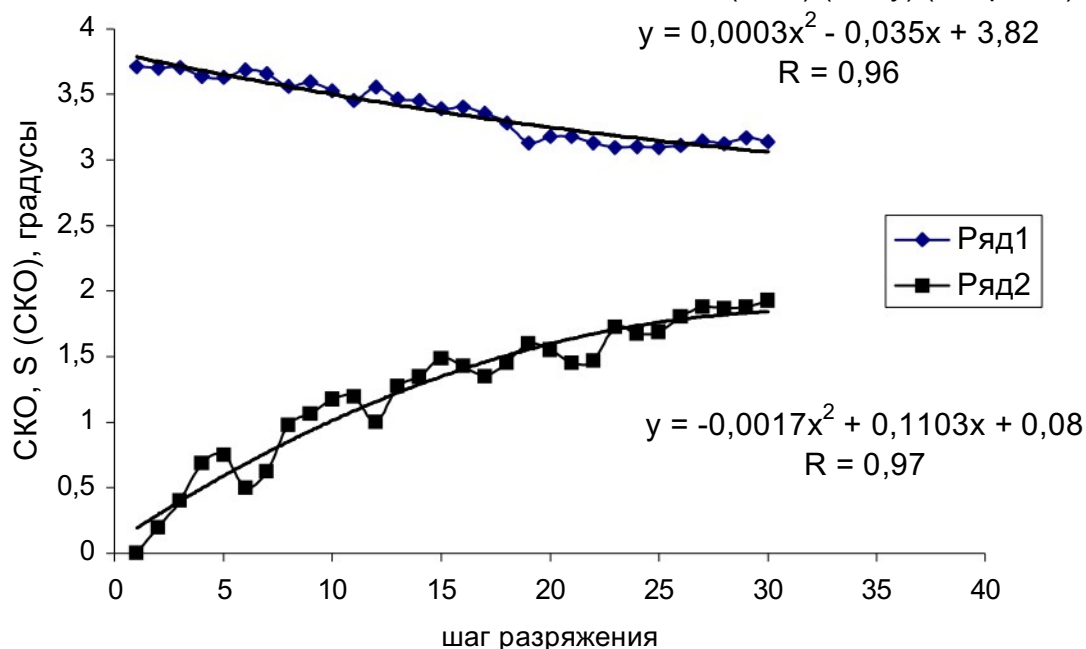


Рис. 1. Изменение СКО (ряд 1) и  $S(\text{СКО})$  (ряд 2) азимута А1 в зависимости от шага разряжения для пункта 2

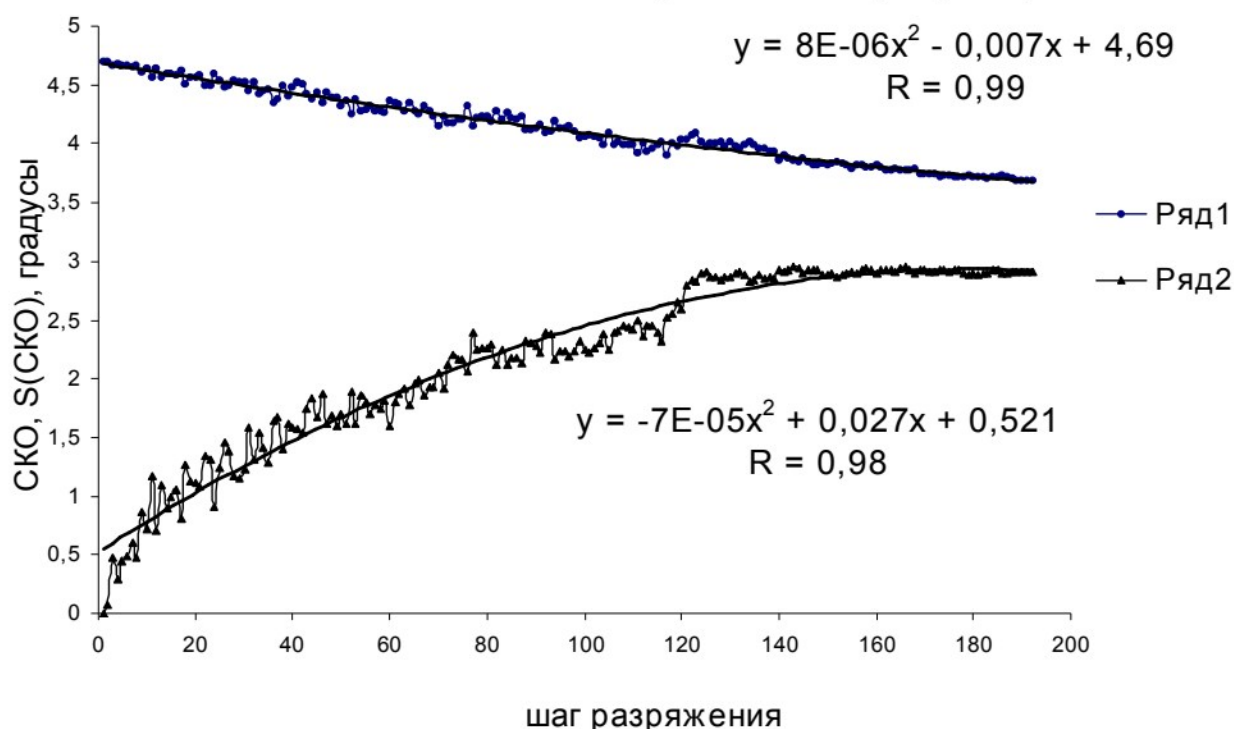
## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

На рис. 1 условными знаками показаны рассчитанные данные для СКО и S(СКО), а также кривые (сплошные линии) аппроксимирующих уравнений с наиболее высокими коэффициентами регрессии R.

Отмеченная закономерность снижения СКО и возрастание S(СКО) получена для всех параметров и пунктов изучения трещиноватости. Достаточно высокие значения коэффициентов аппроксимации достигаются также и для линейных уравнений, среднее R = 0,91 для СКО. При аппроксимации изменения СКО полиномом второй степени, среднее R = 0,92. Надежность аппроксимации для S (СКО), соответственно R=0,89 и 0,93.

Изменение СКО и S(СКО) при последовательной разрядке сети с учетом возможных комбинаций было изучено для генеральной совокупности при объединении данных по всем пунктам. Установлено, что изменение СКО и S(СКО) параметров трещиноватости на всем участке носит закономерный характер, подобный рассмотренным для отдельных пунктов. Эта закономерность отражена на рис.2.

Подобные графики изменения СКО и S(СКО) получены для A1, δ1, A2, δ2 и P. При анализе этих материалов следует, что, начиная с 160-го шага разрядки, кривые СКО и S(СКО) имеют тенденцию параллельности (см. рис. 2).



**Рис.2. Изменение СКО (ряд 1) и S (СКО) (ряд 2) азимута A1 в зависимости от шага разрядки для всей генеральной совокупности данных участка**

Причем размер конечного «несхождения» графиков изменения СКО и S (СКО) не зависит от количества данных и примерно одинаково как для наблюдений на каждом пункте, так и для объединенной генеральной совокупности данных для всего участка. Например, величина «несхождения» кривых A1 по каждому пункту колеблется от 0,4° до 1,9°, в среднем составляя 1°, а для всего участка 0,8°. Такая же закономерность установлена и для других параметров обеих систем трещин. Величина СКО и S(СКО), вычисленная по замерам на одном пункте и по всей совокупности данных на участке, примерно одинаковая. Например, для A1 получены следующие значения, сведенные в таблицу 2.

Таблица 2

Пункты	1	2	3	4	5	6	7	Участок 1-7
СКО, град	3,1	4,6	6,2	5,5	3,7	3,8	4,5	<b>4,7</b>
S(СКО), град	0,2	0,5	0,6	0	0,1	0,2	0,2	<b>0,2</b>

В результате проведенных исследований изменения параметров трещиноватости при разрядке количества данных на каждом пункте и на всем участ-

ке получены практически одинаковые математические характеристики. Во всех случаях примерно равны начальные значения СКО и S(СКО), одинакова закономерность их изменения, аппроксимируемая полиномом второй степени, а также величина «несхождения» графиков СКО и S(СКО). Такие результаты свидетельствуют, что в однородных геологических условиях на участке, длиной 200 м, параметры трещиноватости достаточно изучать на одном пункте.

Аналогичные исследования и расчеты осуществлены по результатам замеров параметров трещиноватости пласта III на соседнем Томусинском карьере с подобными однородными геологическими условиями. В отличие от предыдущего случая параметры трещиноватости замерялись последовательно для всех трещин подряд в пределах протяженного участка. Ориентировка трещиноватости представлена почти 320 замерами для одной системы трещин и 404 – для другой системы; расстояние между трещинами – более 230 замерами.

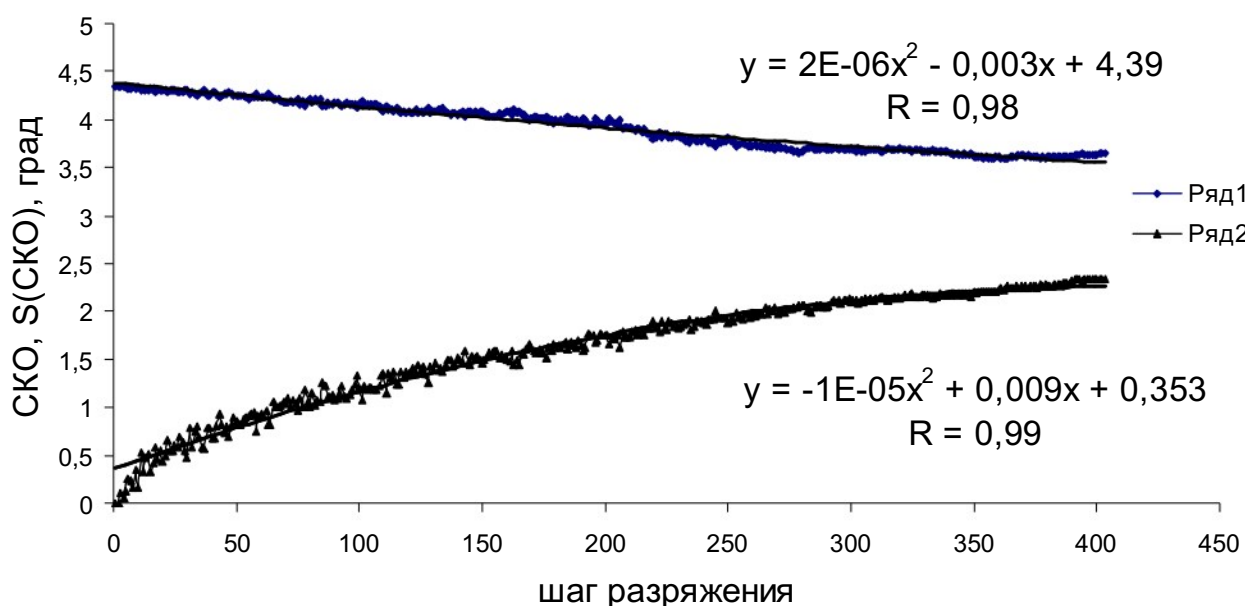
При разрядке исходных данных и определении СКО и S(СКО) для всех параметров трещиноватости получены результаты, подобные предыдущим для Междуреченского карьера.

Таблица 3

Показатели	Параметры систем трещин					
	A1 <sup>0</sup>	δ1 <sup>0</sup>	P1, см	A2 <sup>0</sup>	δ2 <sup>0</sup>	P2, см
СКО	6,5	3,8	15,3	6,5	4,3	32
S(СКО)	0,6	0,6	2,6	0,6	0,4	3
«Несхождение»	1,7	0,8	2,7	1,4	1,2	5,3

Закономерности изменения СКО и S(СКО) иллюстрирует пример рис. 3.

Приведенные данные об аналогичных закономерностях математических показателей позволяют, как и в первом случае серийных замеров, сделать подобный вывод, что нет необходимости в массовых замерах подряд всех трещин на протяженном, более 200 м участке. При отмеченной стабильности параметров трещиноватости в условиях геологической однородности достаточно одного пункта изучения.



**Рис. 3. Изменение СКО (ряд 1) и S (СКО) (ряд 2) угла падения δ2 в зависимости от шага разряжения для генеральной совокупности данных участка Томусинского карьера**

Изменчивость параметров трещиноватости и возможности оптимизации изучались также по направлению падения пласта. Для этих целей использовались данные замеров, проведенные в разные годы по мере углубки горных работ и отработки пласта III. Закономерности ориентировки двух ярко выраженных систем трещин анализировались по результатам полевых замеров на нескольких пунктах на протяжении 450 м по направлению падения пласта. Предварительно была выполнена проверка по критерию Колмогорова-Смирнова на принадлежность частных однородных выборок на 6-и пунктах к одной генеральной совокупности, выполнен тренд-анализ для оценки изменчивости показателей. Результаты получились аналогичными результатам анализа по простиранию пласта. Подтвердилась полная принадлежность частных выборок одной генеральной совокупности и отсутствие тренда. Так, например, значения коэффициентов аппроксимации эмпирических данных ориентировки трещин в среднем составили 0,2–0,3, что говорит об отсутствии тренда. Принадлежность частных выборок одной генеральной совокупности и нормальность законов распределений ориентировок также хорошо подтверждается критерием Колмогорова-Смирнова. Так, например, значение критерия для азимута падения первой системы трещин составило 0,678 при предельном 1,358 для уровня значимости q=0.05, что говорит о нормальности закона распределения.

Изменчивость ориентировки систем трещин, изученная по падению пласта, характеризуется данными, приведенными в табл.4. Из табл. 4 следует, что величина СКО, S (СКО) азимуты падения на отдельных пунктах и всём участке практически одинакова для соответствующих параметров. Форма кривых изменения СКО и S(СКО) при разряжении исходных данных подобна предыдущим примерам (см. графики рис.1 и 2). Приведенные данные указывают на то, что изменчивость параметров трещиноватости по падению пласта подобна изменчивости по простиранию пласта. Из этого следует, что трещиноватость по падению пласта на протяженном участке в геологически однородных условиях с отмеченными колебаниями вполне достаточно характеризовать замерами одного пункта изучения.

Таблица 4

Показатели		1	2	3	4	5	6	Уча- сток
СКО, град.	A1	5,5	5,6	4,5	5,6	5,0	6,2	<b>6,3</b>
	A2	6,8	5,8	4,2	–	10,5	7,3	<b>7,6</b>
S(СКО), град.	A1	0,3	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	<b>0,4</b>
	A2	0,4	0,3	0,3	–	0,5	0,5	<b>0,5</b>

Для определения оптимального количества замеров параметров трещиноватости на пункте изучения

## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

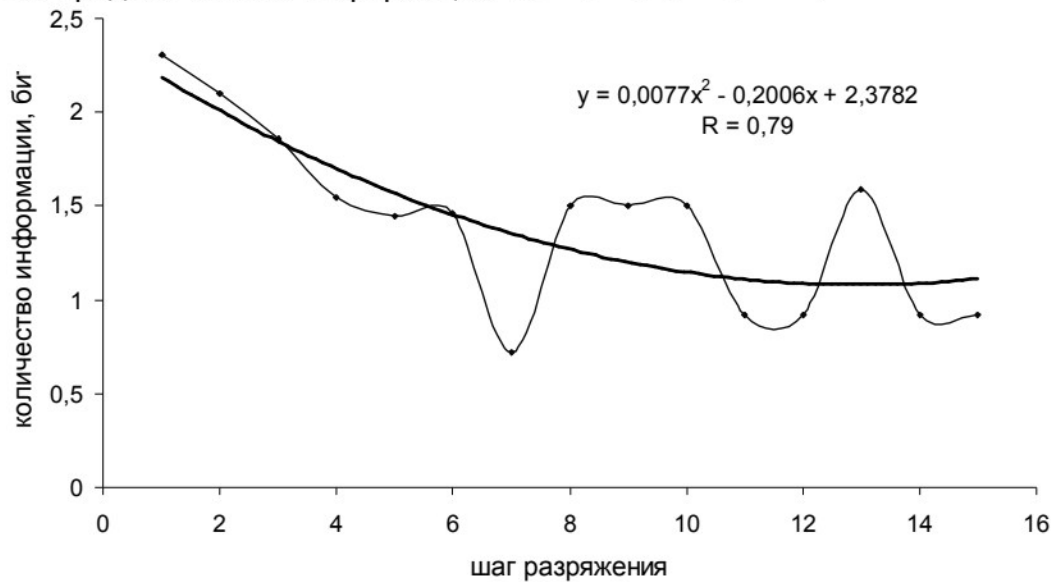
ния использована методика оценки изменчивости и достаточного объема информации. Из теории информации и опыта ее применения в геометрии недр [3] следует, что количество информации ( $I$ ) определяется, исходя из вероятностей или частот сгруппированных данных ( $p_i$ ):

$$I = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i, \text{ бит} \quad (1).$$

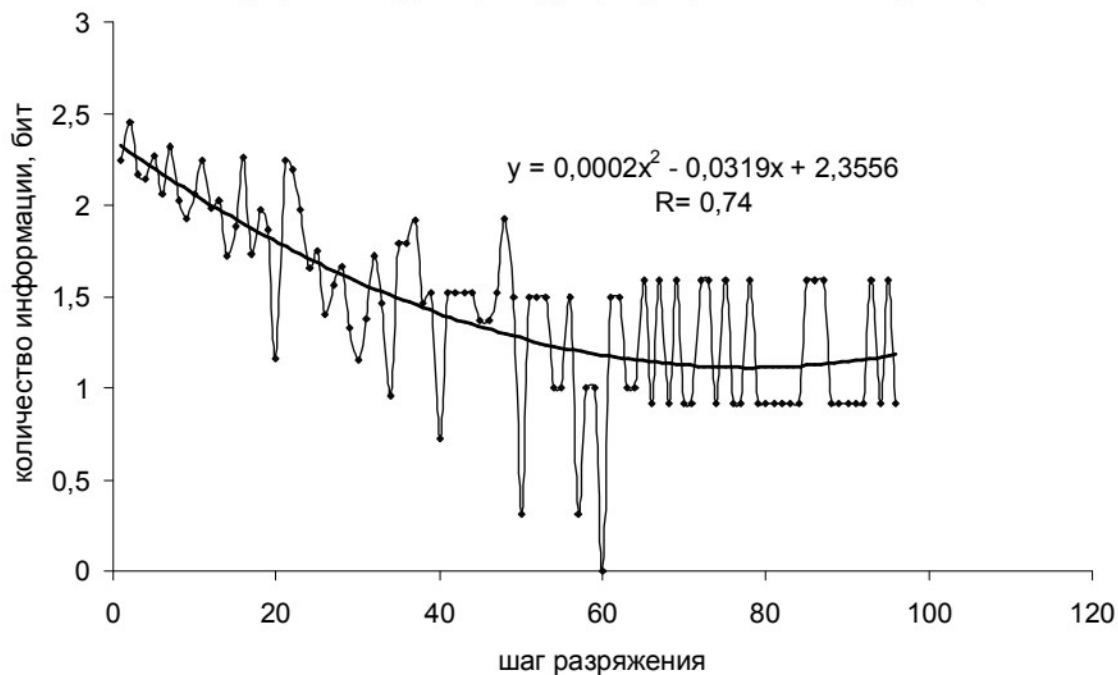
Интервалы группировки и величины  $p_i$  обусловлены известным условием  $0,5\text{СКО}$ . Для параметров трещиноватости ( $A, \delta, P$ ), как показали наши исследования, СКО достаточно стабильны. Поэтому частоты  $p_i$  и информативность  $I$  не должны отличаться большими колебаниями при изменении количества исходных данных от 20-30 (один пункт наблюдения) до нескольких сот замеров (на участке изучения). Для проверки этого предположения определена информативность результатов замера  $A, \delta, P$  при последовательном разряжении с учетом возможных комбинаций (метод описан ранее). На каждом шаге разряжения, начиная со второго (на первом участвуют все данные), определяется средний объем информации из

возможных комбинаций. Как показали наши исследования, проводить разряжение до конца нет необходимости, так как при выборке менее трех значений объем информации по формуле (1) равен либо 0, либо стремится к единице. Изменение  $I$  при уменьшении количества исходных данных показано на примере рис. 4 и 5. Графики аппроксимирующих функций (рис. 4, 5) указывают на закономерное изменение  $I$ , когда при 2-3-х значениях  $I$  асимптотически приближается к 1. Поэтому достаточную информативность можно получить при шаге разряжения, когда количество данных разделено пополам (точка значительного выполаживания графиков рис.4 и 5). При анализе многочисленных результатов оценки изменения  $I$  установлена одинаковая закономерность, которая аппроксимируется полиномом второй степени с высокой степенью надежности.

Это в равной степени относится к информативности как для одного пункта с 30-ю данными (см.рис. 4), так и для всего участка (почти 200 замеров), (см. рис. 5).



**Рис. 4.** Изменение количества информации ( $I$ )  $A_1$  (ось  $y$ ) при разряжении сети (ось  $x$ ) для 30 значений пункта 1



**Рис. 5.** Изменение количества информации ( $I$ )  $A_1$  при разном шаге разряжения генеральной совокупности данных всего участка. Междуреченский карьер

Одинаковая информативность ( $I=2,3-2,5$  бит) имеет место для 30 и 200 замеров для любого параметра  $A$ ,  $\delta$  и  $P$ . При большом количестве замеров (220-320) разных параметров трещиноватости пласта III на участке Томусинского карьера получена равная информативность – 2,5 бита.

При разряжении исходных данных до 20 значений информативность практически мало изменяется и близка 2,3-2,5 бита. Но при 10 данных  $I$  значительно уменьшается и составляет 1,8 бита. Значит, 20 значений обладают также высоким показателем информативности.

Таким образом, в результате статистического анализа плотности замеров установлено следующее:

1. В однородных горно-геологических условиях существует устойчивая корреляционная зависимость между ошибкой определения параметров трещиноватости и шагом разряжения сети.

2. Из графиков изменения СКО следует, что точность определения параметров трещиноватости мало зависит от величины интервала замеров, так как величина СКО изменяется незначительно в среднем порядка  $1^0$  на 200-500 м. Такая величина меньше инструментальной погрешности компасных измерений, следовательно, ее влияние на изменчивость ориентировки можно не учитывать.

3. С увеличением шага разряжения ошибка определения параметров трещиноватости несколько уменьшается, а среднеквадратическая погрешность этой ошибки – возрастает.

4. Математические характеристики изменения параметров трещиноватости при разрядке количества исходных данных практически одинаковы как для одного пункта, так и для всей совокупности данных мно-

гих пунктов на участке. Во всех случаях примерно равны начальные значения СКО и  $S(SKO)$ , и одинаковы закономерности их изменения, которые аппроксимируются с высокой надежностью одинаково полиномом 2-ой степени, а также одинакова величина «несхождения» графиков СКО и  $S(SKO)$ . Из этого следует, что параметры трещиноватости на протяженных геологически стабильных участках отличаются стабильной изменчивостью и практически одинаковыми ее математическими характеристиками, независимо от количества пунктов изучения трещиноватости. Для определения параметров трещиноватости в таких условиях достаточно иметь данные, полученные на одном пункте наблюдений.

5. С учетом закономерности изменения количества информации рекомендуется выполнять на каждом наблюдательном пункте порядка 20 (не менее 12-15) последовательных замеров ориентировок систем трещин.

### Литература

1. Такранов Р.А., Павлов С.П. Горно-геометрический анализ трещиноватости угольных пластов и вмещающих пород: Учеб. пособие для вузов. – СПб: СПГГИ (ТУ), 1996.- 88с.

2. Шеремет А.Н., Жилин В.П. Горно-геометрический анализ трещиноватости угольных пластов для решения задач разработки месторождений Кузбасса. Материалы Международной конференции «Проблемы геометризации недр», Екатеринбург, 2002. – 108-117с.

3. Геометризация месторождений полезных ископаемых/ ред. В.А. Букринский, Ю.В. Кобченко.- М.: Недр, 1977. – 376с.

*Р.А. Такранов, д-р техн. наук (ВНИМИ); А.Н.Шеремет, канд. техн. наук (СПГГИ (ТУ)); В.П.Жилин (ОАО «Междуречье»); Н.В.Лагай, аспирантка (СПГГИ (ТУ))*

А.Б.Юн, М.Ж.Сатов, Г.Е.Танкау

## ПРОГНОЗ ОБРУШЕНИЙ НА ЖЕЗКАЗГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Проблема прогноза техногенных обрушений, рассматриваемых как аварии той или иной сложности с катастрофическими последствиями, представляющие собой угрозу для безопасности горнорабочих и нормального функционирования предприятия в целом, на рудниках Жезказгана является актуальной проблемой.

Главным в решении вопросов прогноза выработанного пространства конкретного участка является возможность непрерывного слежения за изменением геомеханической ситуации в нем в пространстве и во времени по комплексу признаков, что повысит достоверность прогноза. Своевременность же предвидения возможных опасных последствий для деятельности подземных рудников устанавливается инструментальным мониторингом массива горных пород по изменениям параметров деформирования пород и параметров сейсмического режима массива пород.

На Жезказганском месторождении для прогноза

обрушений успешно применяется комплексный мониторинг массива горных пород. С момента внедрения мониторинга было спрогнозировано 25 обрушений. Рассмотрим применение комплексного мониторинга для прогноза обрушений на конкретном примере.

В августе-сентябре 2002 г. применение комплексного мониторинга позволило спрогнозировать крупное обрушение в районе выработанных пространств панелей 11, 31, 32 залежи Зл-2-V, И-6<sup>бис</sup> залежи ПС-3-II гор.220 м шахты 57<sup>бис</sup> ВЖР с энергией  $10^{6,5}$  Дж, что соответствует интенсивности землетрясения более 4 баллов. Обрушение проходило в несколько стадий.

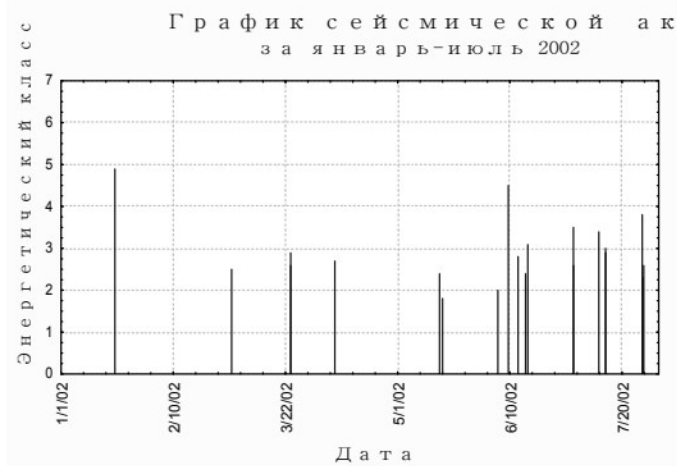
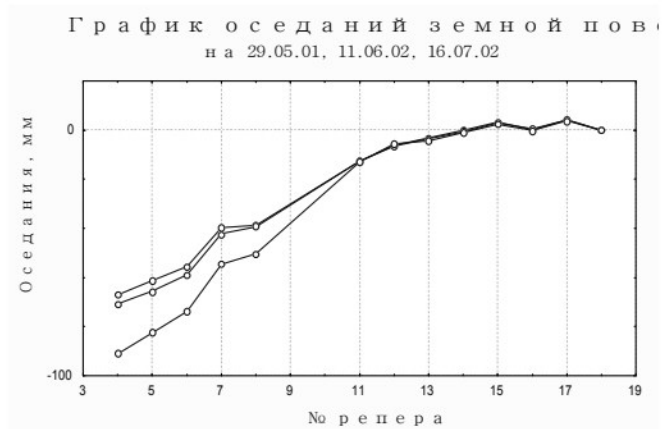
При сканировании участков месторождения по критериям оценки состояния подработанного массива горных пород данный район еще за год до обрушения был выявлен как зона интенсивных сдвижений, где ожидалось самообрушение налегающей толщи с выходом на поверхность (рис. 1).



## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

В последующем осуществлялось непрерывное мониторинговое сопровождение с использованием разработанных критериев обрушения. В результате мониторингового сопровождения (рис. 2) краткосроч-

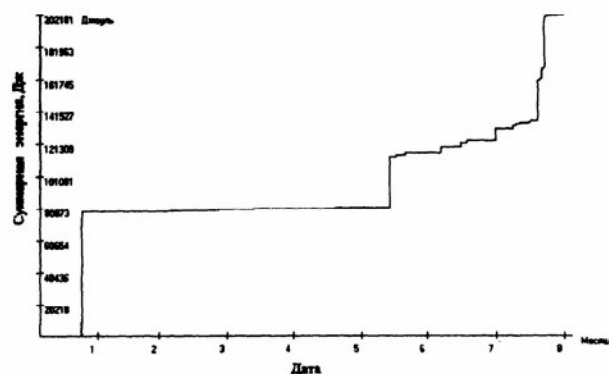
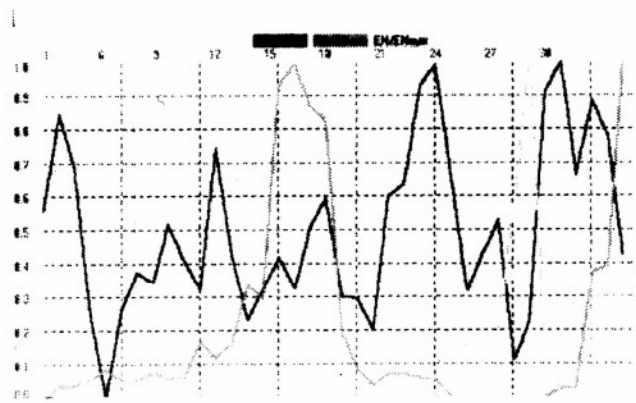
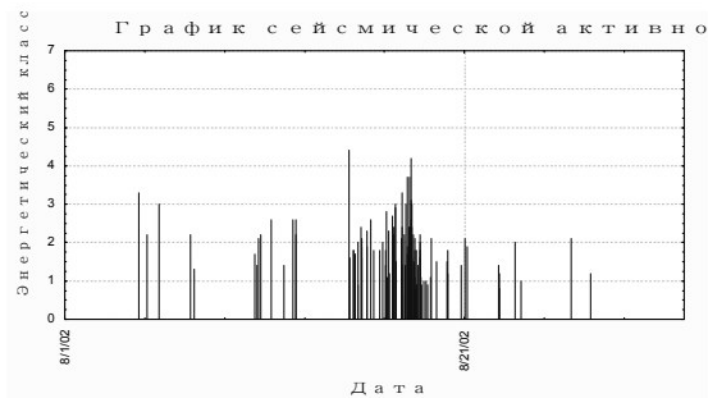
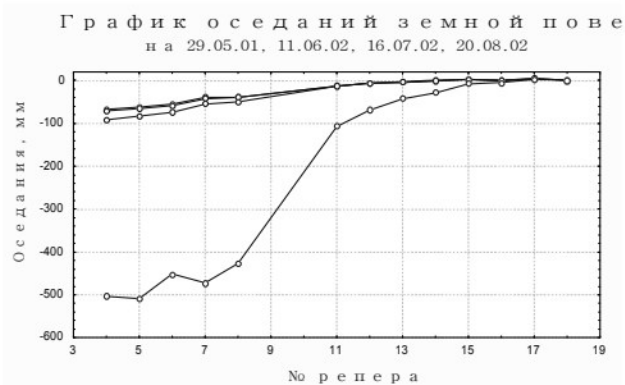
но за 1-2 мес. до обрушения были приняты своевременно меры безопасности в шахте и на поверхности с учетом прогнозируемого контура ожидаемого самообрушения налегающей толщи.



**Рис. 2. а) график оседаний земной поверхности по профильной линии №186 (по данным за 29.05.01 г., 11.06.02 г., 16.07.02 г.), б) график сейсмической активности за январь-июль 2002 г.**

По данным сейсмического мониторинга (по зарегистрированным оперативной радиотелеметрической системой автоматизированного контроля (РРС) событиям с характерными трендами обрушения по критериям образа очага разрушения и повторяемости событий) оперативно за 4 дня до обрушения были ос-

тановлены горные работы с выводом людей и техники с транспортного штрека. С появлением максимальных значений энергии и резким увеличением частоты событий (рис. 3) руководство рудников было оперативно информировано о начале обрушения.



**Рис. 3. а) график оседаний земной поверхности по профильной линии №186 (по данным за 29.05.01 г., 11.06.02 г., 16.07.02 г., 20.08.02 г.), б) график сейсмической активности за август 2002г., в) тренд образа очага разрушения, г) график Бенъоффа на август 2002 г.**

## ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

По ходу развития обрушения периодически визуально обследовалась поверхность, была выполнена серия нивелировок поверхности по профильным линиям, а после реализации сейсмического процесса была выполнена инструментальная съемка поверхности. По результатам замеров сдвижения земной поверхности по критериям оседания и скорости оседания было принято решение о возможности безопасной эксплуатации железной дороги в районе ствола шахты 57бис и о возможности визуального обследования выработанных пространств обрушенного района.

После стабилизации сейсмического процесса в

массиве района обрушения по результатам обследования было принято решение о возобновлении горных работ и об изоляции панелей 11 и И-6бис.

В сентябре 2002 г. в данном районе возобновился процесс самообрушения с выходом на дневную поверхность в прогнозируемом контуре обрушения. Сейсмический процесс разрушения массива контролировался системой РРТС, и руководство рудников своевременно информировалось. С данного района в этом месяце было зарегистрировано 24 события (максимальная энергия  $10^{6.5}$  Дж, более 4 баллов) (рис. 4).

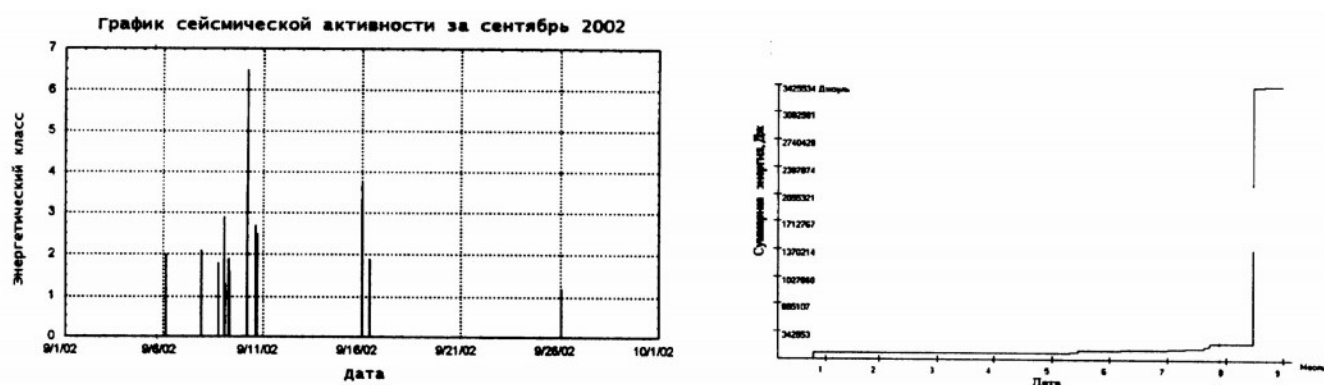


Рис. 4. а) график сейсмической активности за сентябрь 2002 г.,  
б) график Бенъоффа за сентябрь 2002 г.

Развитие и реализация обрушения, что хорошо прослеживается по графику повторяемости (рис. 5), полностью контролировалось и вовремя сопровождалось принятием мер, не допускающих аварийных ситуаций. Площадь обрушения на поверхности в районе панелей 32, 31, 11 и И-6бис и выработок шахты «Покро» составила около 184 тыс. м<sup>2</sup>, глубина провала на поверхности составила от 0,5 до 3-5 м. Выполненным обследованием в шахте и на поверхности были подтверждены ранее выявленные мониторингом предполагаемые зоны обрушения.

Таким образом, использование для рассматриваемого района технологии мониторинга с применением комплекса современных методов и средств контроля позволило своевременно предсказать, предупредить и предотвратить возможные негативные катастрофические последствия происшедшего обрушения.

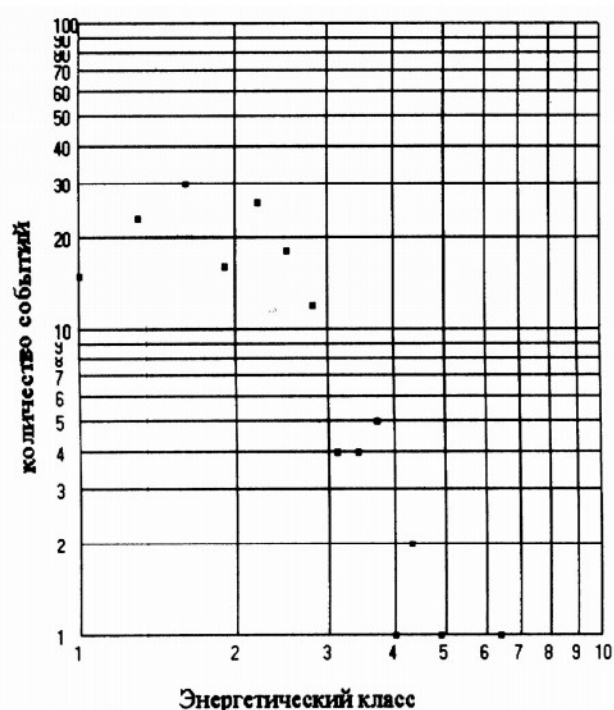


Рис. 5. График повторяемости событий

А.Б.Юн; М.Ж.Сатов; Г.Е.Танкау



**ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЛОКОВЫХ СТРУКТУР ИНТЕГРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ НЕДР**

Академиком Е.И.Шемякиным отмечено [1], что за последние годы произошло существенное уточнение представлений о горном массиве пород в связи с изучением его блочной структуры. В настоящее время при проведении прикладных геодинамических исследований в районах освоения месторождений полезных ископаемых для оценки границ и взаимодействия блоковых структур применяются два основных метода [2]:

- геодинамическое районирование месторождений полезных ископаемых (ГРМПИ);
- повторные наблюдения на геодинамических полигонах (ГДП).

Оба перечисленных метода являются составной частью прикладных геодинамических исследований и могут применяться как независимо, так и совместно. Основной целью данных исследований является информационное обеспечение управления состоянием массива пород. Следовательно, учёт влияния геодинамики в настоящее время становится составной частью современной геотехнологии освоения недр.

**1. Оценка взаимодействия блоковых структур в методе ГРМПИ**

Метод ГРМПИ [2,3] разработан в Кузбасском политехническом институте (ныне Кузбасский государственный технический университет) совместно со Всесоюзным научно-исследовательским институтом горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ). Он позволяет решать следующие основные задачи [2]:

- выявление блочной структуры горного массива, тектонически напряженных и разгруженных зон в нём;
- оценка степени напряженности горного массива, как в его естественном состоянии, так и с учётом влияния горных работ;
- разработка комплекса профилактических мер безопасного и эффективного освоения месторождений, внедряемых на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации горных предприятий.

В методе ГРМПИ для выявления блочной структуры используется морфоструктурный анализ рельефа земной поверхности. Выявление блочной структуры горного массива производится не только на поверхности, но и в горных выработках, поэтому рекомендуется использовать широкий спектр информации: сопоставлять границы выделенных блоков с геологическими и геофизическими данными, а также дистанционного зондирования.

Взаимодействие блоков определяется после выделения их границ. Положение зон сжатия, растяжения или сдвига определяют по признакам разломов, проявляющихся в геологических и геофизических полях. Кроме этого для оценки взаимодействия

блоков рекомендуется применять результаты наблюдений на сейсмических и сейсмоакустических станциях шахт, а также радиометрический и геохимический методы.

Оценку напряженно-деформированного состояния проводят тектонофизическими методами, реконструируя направление главных напряжений с помощью стереографической сетки или ЭВМ. Кроме этого, по полученному ранее положению зон сжатия, растяжения или сдвига рассчитывают напряжения с помощью ЭВМ по алгоритмам, разработанным во ВНИМИ.

Метод ГРМПИ применялся на ряде месторождений Кузбасса, Урала, Норильска, а также ряда зарубежных стран и является примером комплексного подхода к учету влияния геодинамики на всех стадиях освоения месторождений.

**2. Оценка взаимодействия блоковых структур по результатам повторных наблюдений на ГДП**

Один из первых ГДП был создан в нашей стране в начале века на Апшеронском полуострове в районе нефтяных промыслов. Расцвет геодинамических исследований на ГДП приходится на 70-80 годы прошлого века, тогда их количество превышало 60.

Одной из первых задач исследований на ГДП было определение количественных характеристик современных движений земной коры. Для оценки количественных характеристик вертикальных движений земной коры на ГДП используют результаты повторного геометрического, тригонометрического, гидростатического нивелирования или их комбинацию. Горизонтальные движения земной коры оценивают по результатам повторных измерений, главным образом, в линейно-угловых сетях и других комбинированных построениях. Кроме перечисленных классических методов для этих целей используются приборы GPS, а также стационарные системы наблюдений, работающие в автономном режиме [4].

При этом следует отметить, что подход к оценке взаимодействия блоков в методе ГРМПИ и при геодинамических исследованиях на ГДП различен. В методе геодинамического районирования [3] сначала выделяют блоки, а затем оценивают амплитуды их движений и взаимодействие, основываясь на преобладании новейших движений. При геодинамических исследованиях на ГДП по амплитудам движений пунктов выделяют мобильные и стабильные и далее относят их к разным блокам [4].

Анализируя результаты геодинамических исследований на ГДП в районах освоения месторождений жидких, газообразных и твердых полезных ископаемых [4], можно констатировать, что выделение мобильных и стабильных зон или отнесение пунктов к различным блокам, а также оценка их взаимодействия осуществляется:

- на локальном и региональном масштабах;

## ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕДР

- по результатам повторных измерений непосредственно измеренных величин;
- по изменениям во времени координат пунктов;
- с учетом априорно известной информации.

Для анализа и интерпретации взаимодействия блоковых структур используются как количественные характеристики движений, так и компоненты деформации, либо раздельно, либо совместно. При анализе и интерпретации для аппроксимации границ блоков структур и их взаимодействия используются [4]:

- методы проверки статистических гипотез;
- моделирование;
- полиномы;
- сплайн-функции;
- теория случайных стационарных процессов;
- спектральный анализ.

Результаты исследований, проведенные в [4], отмечают неуклонный рост повышения точности определения количественных характеристик на ГДП. При этом наблюдается рост количества информации о проявлениях геодинамических исследований, а также повышение её качества. В настоящее время реальная точность определения изменений координат и высот классическими геодезическими методами оценивается  $(1-2) \times 10^{-6}$ , с применением современных спутниковых технологий её можно повысить на порядки. Следует отметить, что значимость геодинамических исследований на техногенных ГДП имеет явный характер в случае, если они носят не эпизодический характер, а являются частью технологического цикла предприятий [4].

### 3. Интегральный метод оценки взаимодействия блоковых структур

Сравнивая результаты прикладных геодинамических исследований, проведенных данными методами, получим в первую очередь разные количественные характеристики движений. Результаты геодинамического районирования месторождений полезных ископаемых будут характеризовать движения новейшего периода, повторных наблюдений на ГДП – современного. Поэтому для строгого учёта влияния взаимодействия блоковых структур в современной геотехнологии освоения недр необходима интеграция данных методов. Теоретической основой строгого учёта влияния взаимодействия блоковых структур при интегрировании двух методов является проверка фундаментальной гипотезы о преемственности новейших движений в современный период. Предлагается проверку гипотезы о преемственности новейших движений в современный период проводить на основе критерия постоянства скоростей деформаций на участке земной коры. Для этого необходима оценка деформированного состояния структур блоков сформировавшихся в новейший период. Следовательно, составными частями интегрального метода будут являться:

- идентификация блоков;
- система регистрации их взаимодействия.

Реализация интегрального метода базируется на такой схеме построений на ГДП, которая обеспе-

чивает структурное моделирование блоков, выделенных при проведении их идентификации по картографическим материалам, основывается на проверке гипотезы малых скоростей деформаций земной коры, не приводящих к проявлению геодинамических явлений, имеет заданную точность повторных наблюдений, частоту опроса и закрепления построений.

Для обеспечения проверки гипотез интегрального метода необходимы не только количественные движения блоков, но и величины деформаций земной коры и их скорости, что является следующей его отличительной особенностью.

Связь перемещений точек массива пород с компонентами тензора деформаций осуществляется с помощью уравнений Коши. Величины деформаций земной коры, обусловленные взаимодействием структур блоков, можно получить на основе повторных геодезических измерений. Зная изменения координат пункта  $\Delta X[t-t_0]$ ,  $\Delta Y[t-t_0]$ ,  $\Delta H[t-t_0]$ , их связь с тензором деформации можно записать в виде [4]

$$\Delta X(t-t_0) = E(t-t_0)X(t_0), \quad (1)$$

где:  $E(t-t_0)$  – тензор деформации;  $X(t_0)$  – координаты пунктов;  $\Delta X(t-t_0)$  – изменения координат во времени.

Для нахождения неизвестных (1) необходимо иметь двенадцать уравнений, так как для одного пункта можно составить три уравнения, то для определения всех неизвестных необходима сеть, состоящая из четырех пунктов, т.е. аппроксимация блоковой структуры тетраэдром. Полученные величины тензора деформаций будут отнесены к центру тяжести пространственной геометрической фигуры, составленной этими пунктами. Исходя из особенностей блочного строения земной коры и её выраженности в рельефе земной поверхности, предлагается такая схема расположения пунктов, которая обеспечивает структурное моделирование этих особенностей блочного строения. Эта схема позволяет оценивать напряжения и деформации не в какой-то плоскости, а на глубине  $h$ , характеризующей центр тяжести этого построения. Данное предложение является первым шагом перехода от опорных сетей, обеспечивающих картографирование территорий, к построениям, позволяющим проводить прикладной геодинамический анализ. Прикладной геодинамический анализ – это системный подход к изучению полей напряжений и механизмов формирования структур для обеспечения современной геотехнологии освоения недр [4]. Современные геодезические технологии [4] позволяют реализовать проведение измерений на пунктах предлагаемых построений.

В общем виде решение системы линейных уравнений (1) равно

$$E(t-t_0) = X(t_0)^{-1} \Delta X(t-t_0), \quad (2)$$

где:  $X(t_0)^{-1}$  – обратная матрица  $X(t_0)$ .

В зависимости от конкретного вида модели сплошной среды, отражающей особенности деформирования участка земной коры, применяется система уравнений, описывающая физические законы связи напряжений и деформаций.

## ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕДР

На любой стадии жизнедеятельности горного предприятия роль прикладного геодинамического анализа актуальна (табл.), а полученная информация регламентирует принятие решений.

Таблица

### Задачи прикладного геодинамического анализа на разных стадиях жизнедеятельности горного предприятия

Стадии жизнедеятельности горного предприятия	Главные задачи прикладного геодинамического анализа
Изыскания и проектирование	<p>Определение ориентировки главных осей напряжений блоковых структур нетронутого массива</p> <p>Исследования иерархии полей напряжений блоковых структур нетронутого массива</p> <p>Оценка напряжений при взаимодействии и формировании блоковых структур нетронутого массива</p>
Строительство и эксплуатация	<p>Определение ориентировки главных осей напряжений блоковых структур подрабатываемого массива</p> <p>Исследования иерархии полей напряжений блоковых структур подрабатываемого массива</p> <p>Оценка напряжений при взаимодействии и формировании блоковых структур подрабатываемого массива</p>
Санация	<p>Контроль ориентировки главных осей напряжений блоковых структур подработанного массива</p> <p>Контроль иерархии полей напряжений блоковых структур подработанного массива</p> <p>Контроль затухания напряжений при взаимодействии блоковых структур подработанного массива</p>

При разработке метода прикладного геодинамического анализа для решения задачи расширения информационной базы при управлении состоянием массива горных пород в рамках ГИС-горного предприятия, необходимо руководствоваться принципами оптимального проектирования, главным из которых является системный подход. С позиций системного подхода задачи прикладного геодинамического анализа следующие:

- информационное обеспечение управления состоянием массива горных пород;
- математическое обеспечение оценки напряжений, обусловленных формированием и взаимодействием структур блоков и учета их влияния;
- техническое обеспечение сбора, хранения и переработки разнородной информации ;
- программное обеспечение оценки напряжений, обусловленных формированием и взаимодействием структур блоков и учета их влияния;
- эффективность;
- разработка профилактических мер учета влияния напряжений, обусловленных формированием и взаимодействием структур блоков.

#### Литература

1. Шемякин Е.И. Проблемы геомеханики и освоения подземного пространства/Маркшейдерский вестник.-2001.-№1-2.-С.15-19.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (РД 06-329-99) /Колл. авторов. - М.: ГП НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000.- 66 с.
3. Геодинамическое районирование недр. - Л.:ВНИМИ,1990.-129 с.
4. Соловицкий А.Н. Геодинамический анализ. - Кемерово: КузГТУ, 2001.-158 с.

А.Н. Соловицкий, канд. техн. наук, доц. КузГТУ



## О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОСКОВСКОГО ГОРОДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ ГОРНЫХ НАУК

Московское городское отделение Академии горных наук (МГО АГН) оформилось как юридически самостоятельное подразделение Академии горных наук в 2001 г. на базе ее экономической секции и в настоящее время насчитывает в своем составе 45 чел. Среди них: два члена-корреспондента РАН, два депутата Государственной Думы РФ, двадцать шесть докторов наук, пять кандидатов наук, пятнадцать представителей руководящего звена горнодобывающих компаний, такие как ОАО «Газпром», ОАО «Росуглесбыт», АО «Риттек», ЗАО «Юкос ЭПИ» и др.

Работой отделения руководит Президиум, состоящий из пяти человек и возглавляемый Президентом д.э.н. Зайденваргом В.Е. Отделение имеет Ученый совет, состоящий из четырнадцати членов МГО АГН. Председатель совета – д.т.н. Панфилов Е.И.

В соответствии с решением общего собрания МГО АГН деятельность отделения осуществляется по следующим направлениям: научно-производственной; просветительской; информационно-издательской; организационной.

Главными задачами *научно-производственного направления* являются:

1. Коренное совершенствование существующих и изыскание принципиально новых технических средств и технологий изучения, освоения и использования ресурсов в области разведки и разработки месторождений полезных ископаемых, освоение подземных полостей, в том числе г.Москвы, первичной переработки минерального сырья и др.

2. Решение проблем современной экономики горного производства, предусматривающих создание методологии стоимостной оценки ресурсного потенциала недр, изучение состояния развития в стране регулируемых рыночных отношений, инвестирование и кредитование, оптимизацию структуры управления горного производства и пр.

3. Активное и постоянное участие членов отделения в государственной и иной экспертизе программ, проектов, концепций, крупных хозяйственных решений на различных уровнях их принятия.

4. Развитие горного законодательства России, включая аналитическое обобщение зарубежных горных законов, законодательных актов субъектов РФ и создание соответствующего банка данных; разработку проектов новых законов и поправок к действующим законам; подготовку подзаконных нормативно-правовых актов; продолжение работы над проектом Горного кодекса РФ и инициирование подготовки Горного устава и др.

5. Изучение и разработка методов решения социальных проблем в горной промышленности, обусловленных переходом страны на новые экономические отношения.

*Просветительская деятельность* отделения увязана с научно-производственными задачами и

предполагает одним из главных элементов заслушивание на заседаниях Ученого совета или общем собрании представителей федеральных органов законодательной, исполнительной власти и контрольно-надзорных органов, связанных с недропользованием, ведущих ученых и специалистов, работающих в сфере минерально-промышленного комплекса страны по актуальным и первоочередным проблемам его функционирования в условиях рынка.

*По информационно-издательской деятельности* предусматривается издание информационного бюллетеня отделения, участие и оказание помощи членам отделения в подготовке монографий, сборников, справочников и иных печатных работ по намеченной тематике.

*Среди организационных задач:* оформление членства в МГО АГН, формирование и реализация плана научно-организационных мероприятий (конференции, круглые столы, симпозиумы и т.д.), налаживание связей с организациями, учеными и специалистами ведомств, НИИ, ВУЗов, компаний, занятых в горнопромышленном секторе экономики страны, организация офиса и др.

Особое внимание обращается на оказание научно-технической и экспортно-консультативной поддержки и помощи Правительству г.Москвы в разрешении различных проблем по рациональному использованию подземных пространств, размещению отходов производства и потребления и пр.

В свете принятых направлений научно-производственной и просветительской деятельности отделения ведет свою работу Ученый совет. За 2002 г. проведено шесть заседаний. На первом из них зам.министра Министерства энергетики РФ д.э.н. Яновский А.Б. всесторонне и подробно изложил результаты реструктуризации угольной промышленности, перешедшей в настоящее время почти полностью в руки частных компаний, и сообщил возможные перспективы ее дальнейшего существования. На следующем заседании совета был заслушан доклад Панфилова Е.И., который привел основные результаты исследований по разработке основ экологической безопасности недр и недропользования – важнейшей современной проблемы человечества и высказал ряд практических предложений, которые следует воплотить на различных иерархических уровнях, в том числе:

1. На глобальном, межгосударственном уровне:

- принять международную конвенцию (декларацию или меморандум) по обеспечению экологической безопасности изучения и освоения недр Земли;
- организовать единую систему литомониторинга на Планете, используя все современные технические средства и методы, единый центр геоинформации;
- под эгидой ООН сформировать Межгосударст-

венный экологический Фонд для реализации общепланетарных мер, позволяющих прогнозировать и предотвращать техногенные землетрясения, массовые оползни, горные удары и другие катастрофические явления, происходящие в геологической среде;

- гармонизировать законодательные акты в этой области, принять Модельный закон по сохранению геологической среды и Межгосударственные Соглашения по регулированию трансграничных техногенных воздействий недропользования на природные среды и человека, и другие общепланетарные меры.

2. На уровне Российской Федерации:

- подготовить проект Федерального закона «Об экологической безопасности недр и недропользования» и пакета вытекающих из него подзаконных актов;
- комплекс организационных, технико-технологических, финансово-экономических, контрольно-надзорных и иных мер, направленных на обеспечение экологической безопасности недропользования.

Большой интерес вызвал представленный на заседании Ученого совета доклад д.э.н. Мелехина Е.С. о новом методическом подходе по учету разведанных запасов полезных ископаемых на балансе добывающего предприятия не только в натуральном, но и в стоимостном выражении. Подготовленный под его руководством проект методики стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых и участков недр, находящийся на стадии апробации, может стать серьезным и крупным экономическим рычагом в повышении эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов.

Директор ВНИПИстромсырье, д.т.н. Буянов Ю.Д. выступил с интересным докладом «Импортозамещение и создание экспортного потенциала при разработке месторождений сырья для промышленности стройматериалов», промышленности, которая незаслуженно забыта нашими властными структурами. В результате Россия закупает по дорогим ценам и ввозит из-за рубежа сырье в виде облицовочных материалов, тугоплавких и огнеупорных бетонированных глин, каолина, гипса, кварцевого песка, крайне необ-

ходимое для стройиндустрии, хотя сама располагает в достаточном объеме запасами такого сырья. При этом его получение на отечественных предприятиях может быть гораздо дешевле импортируемого.

Член Ученого совета Иванов В.Г. в своем докладе «Состояние и перспективы развития производства стратегических редких металлов в России» рассказал о сложившейся в стране неблагоприятной обстановке по добыче требующихся для удовлетворения нужд атомной энергетики, оборонных отраслей тяжелой промышленности таких редких металлов, как литий, цирконий, тантал, ниобий, бериллий и др. Эти металлы в основном импортируются, хотя имеется реальная возможность их получения за счет освоения и эксплуатации отечественных месторождений. Существующие государственные программы по добыче и производству редкометаллической продукции не выполняются, и страна продолжает ее импортировать вместо того, чтобы поддерживать и развивать отечественные предприятия.

Всеобщее внимание привлек сделанный на Ученом совете доклад д.э.н. Гольда Г.С. на тему «Методологические подходы к основам разработки проблем долгосрочного развития минерально-сырьевого комплекса страны». Один из основополагающих выводов доклада заключается в том, что в условиях современной России центральной задачей совершенствования управления минерально-сырьевым комплексом страны является разработка долгосрочной стратегии и государственной политики его развития на базе системного подхода и всеобъемлющего учета факторов, в первую очередь социальных, определяющих направления дальнейшего функционирования главной составляющей нашей экономики – минерально-сырьевого комплекса.

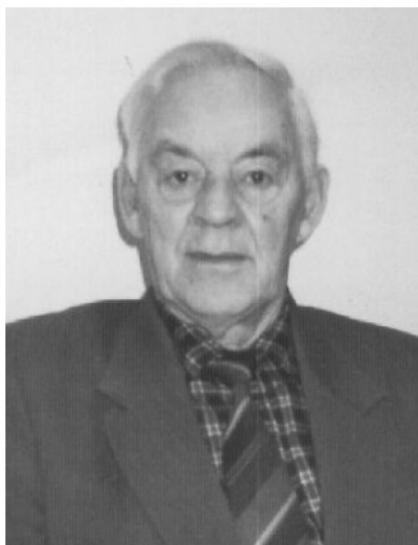
На проведенном в начале 2003 г. заседании Ученого совета, посвященного подведению итогов его работы за прошедший год, принято постановление сосредоточить усилия на практической реализации рекомендаций по ранее заслушанным докладам, привлечь внимание властных структур государства к необходимости выработки и принятию неотложных мер по решению затронутых важнейших проблем в области изучения, освоения и эффективного использования национального богатства страны.

*Е.И.Панфилов, вице-президент МГО АГН*



## ЮБИЛЕИ

### ВЛАДИМИРУ ГРИГОРЬЕВИЧУ ЛЕШКОВУ – 75 ЛЕТ



В.Г.Лешков – горный инженер, доктор технических наук, профессор, полковник в отставке, Лауреат государственной премии СССР и Международной Золотой книги России, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, действительный член Международной Академии Информатизации и Президент ее отделения – «Информатизация золото-платиновой и алмазной промышленности».

Владимир Григорьевич родился 22 марта 1928 г. в г. Смоленске на Днепре. Окончил горный факультет Московского института цветных металлов и золота им.М.И.Калинина (1953 г.), очную аспирантуру при Московском геологоразведочном институте им.Серго Орджоникидзе (1964 г.), Высшие экономические курсы при Госплане СССР (1970 г.) и Академию МВД СССР (1980 г.).

Трудовую деятельность начал в 1953 г. в тресте «Лензолото» техническим руководителем 380-литровой драги глубокого черпания, затем в качестве главного инженера Дражного приискского управления (1958-1963 гг.). Умело совмещал производственную деятельность с научными исследованиями. По окончании аспирантуры и защиты кандидатской диссертации с 1965 г. – главный специалист технического отдела, в 1971-1974 гг. – заместитель Начальника Главного управления золото-платиновой и алмазной промышленности («Главзолото») Минцветмета СССР. В 1974-1988 гг. – старший референт, главный специалист Аппарата Совмина СССР по вопросам золото-платиновой и алмазной промышленности. С 1989 г. и по настоящее время – главный научный сотрудник Инженерно-технического центра и профессор кафедры «Интенсификация процессов горноразведочных работ» Московского государственного геологоразведочного Университета. Награжден орденами Трудового Красного Знамени, Дружбы Народов, «Почета», десятью медалями и многими ведомственными нагрудными знаками и Почетными грамотами. В.Г.Лешков автор более 140 научно-производственных и литературно-художественных публикаций, включая 9 монографий и учебников, 20 изобретений и один сборник рассказов.

По объему и содержанию научных трудов и кипучей производственной деятельности Владимир Григорьевич ныне **корифей** золото-платиновой и алмазной науки и промышленности России.

Владимир Григорьевич пользуется огромным и заслуженным авторитетом и уважением в коллективах НИИ, ГПИ и производственных предприятиях и объединениях по освоению месторождений драгоценных металлов и минералов.

От всего сердца желаем Владимиру Григорьевичу отменного здоровья, счастья и успехов в его дальнейшей кипучей творческой деятельности.

*Департамент металлургии Минпромнауки, Союз золото-промышленников РФ, Министерство Природных Ресурсов, ЦС СМР, МГРУ и редакция «МВ»*

### ИВАНУ ФЕДОРОВИЧУ ПЕТРОВУ – 65 ЛЕТ



И.Ф.Петрову – горному инженеру-маркшейдеру, бывшему начальнику отдела маркшейдерского обеспечения и развития сырьевой базы Минтопэнерго РФ, члену

Центрального Совета Союза маркшейдеров России 15 июня 2003 г. исполнится 65 лет. Свою трудовую деятельность Иван Федорович начинал простым рабочим маркшейдерского бюро. После учебы в Харьковском институте горного машиностроения, автоматизации и вычислительной техники работал участковым, а затем главным маркшейдером шахты, рудника «Баренцбург» и главным маркшейдером ПО «Ворошиловградуголь».

Много лет работал заместителем начальника, а потом начальником Главного управления по охране недр и геолого-маркшейдерского контроля в Госгортехнадзоре и Госпроматомнадзоре СССР. Принимал активное участие в разработке всей нормативно-технической базы по рациональному использованию, охране недр и геолого-маркшейдерскому обеспечению горных предприятий.

Иван Федорович отличается внимательностью, добротой и отзывчивостью к коллегам. Горный инженер-маркшейдер широкого кругозора, с большим производственным опытом, завидной энергией, трудолюбием и преданностью делу. Им много сделано по совершенствованию маркшейдерского и геологического обеспечения, разработке нормативно-технических документов по рациональному использованию недр, охране зданий и сооружений при разработке угольных и рудных месторождений полезных ископаемых страны. Им опубликовано более 30 трудов. И.Ф.Петров имеет ряд правительственных наград.

Поздравляя Ивана Федоровича с 65-летием, желаем ему доброго здоровья, личного счастья и успехов в дальнейшей общественной деятельности.

*Департамент угольной промышленности Минэнерго РФ, ЦС СМР и редакция «МВ»*

Sic!

Вниманию научных, коммерческих и инженерно-технических работников горно-металлургических, угледобывающих, нефте-газодобывающих, соледобывающих предприятий, проектных институтов, преподавателей, аспирантов и студентов вузов и учащихся техникумов!

## ИЗДАТЕЛЬСТВО

Московского Государственного горного университета (МГГУ) ПРЕДЛАГАЕТ  
МАРКШЕЙДЕРАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ свои новые книги:

**Указания** по использованию результатов геодинамического районирования на территории Московской области в целях устойчивого развития. (2001) – 12 с, обложка. Цена 18 руб.

**Букринский В.А.** Геометризация недр. Практический курс. – (2003- IV квартал). – 420 с., переплет. ISBN 5-7418-0263-X. Цена 370 руб.

**Под ред. М.Е.Певзнера, В.Н.Попова.** Маркшейдерия: Учебник. – (2003-I кв.) – 419 с., переплет. ISBN 5-7418-0257-5. Цена 400 руб.

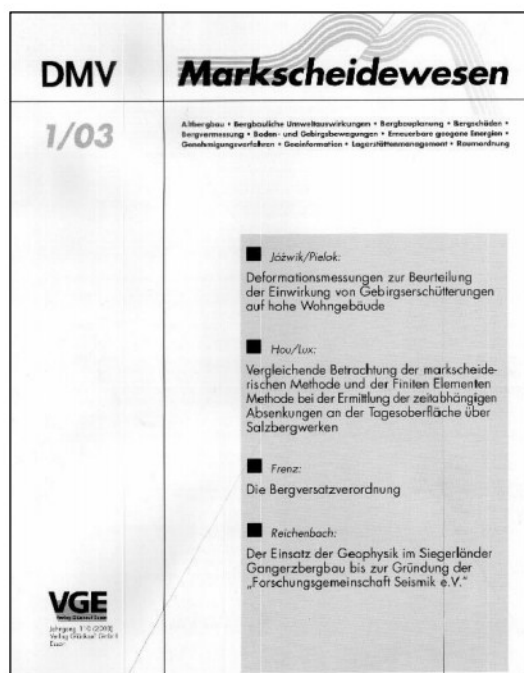
**Левкин Ю.М.** Маркшейдерское обеспечение эксплуатации объектов в подземном технологическом пространстве. – (2003-II квартал). – 215 с., переплет. ISBN 5-7418-0274-5. Цена 190 руб.

**Под редакцией К.З.Ушакова.** Безопасность жизнедеятельности: Учебник. – (2000) – 430 с., переплет. ISBN 5-7418-0135-8. Цена 350 руб.

## Контактные телефоны:

(095)-236-9780 – Наталья Николаевна; (095)-737-3265 – Лариса Алексеевна.

## DMV 01/03 MARKSCHEDEWESEN



Редакцией «МВ» получен очередной номер журнала «Markscheidewesen» №1 за 2003 год (объем 54 стр.).

В журнале опубликованы статьи:

- «Измерение деформаций для оценки влияния горных ударов на высокие жилые здания». (с.5÷10). Авторы: Др.инж. М.Южвик и др.инж. Ж.Пиелок (Краков)
- «Сравнительный анализ маркшейдерского метода и метода конечных элементов при нахождении зависимостей во времени оседаний дневной поверхности над соляными копиями». (с.10÷20). Авторы: Др.инж. Женжеменж Хоу, др.инж. Карл Хайнц Лукс.
- «Порядок закладки горных выработок» (с.21÷24). Автор: др. юрист, проф. Вальтер Френц (г.Аахен).
- «Применение геофизики при отработке рудных месторождений ГАНГ на основе нормативов «Общества исследований сейсмоки» (с.25÷26). Автор: гл.маркшейдер, др.инж. Рихард Райхенбах (г.Берцдорф/Заг).

В журнале опубликованы также:

- Короткие сообщения (орг. вопросы, доклады, предписания, привила, персональная информация и обозрение публикаций);
- Информация из других журналов;
- Сообщения и пояснения для авторов диссертаций, докладов, книг и статей.

Редакция журнала «Маркшейдерский вестник» по заявкам своих подписчиков высылает копии упомянутых статей и разделов (на немецком языке – бесплатно, в переводе на русский язык – по ценам, учитывающим затраты на перевод и почтовую отправку).

РЕДАКЦИЯ «МВ»

## ИНФОРМАЦИЯ

# ГЕОСЕРВИСПРИБОР

Москва, ш. Энтузиастов, 31-а  
(095) 176-31-01, 232-20-05

E-mail: [mail@gspland.com](mailto:mail@gspland.com)  
Web: [www.gspland.com](http://www.gspland.com)



официальный дилер SOKKIA и TOPCON

# ТАХЕ МЕТРЫ

из Яп  НИИ

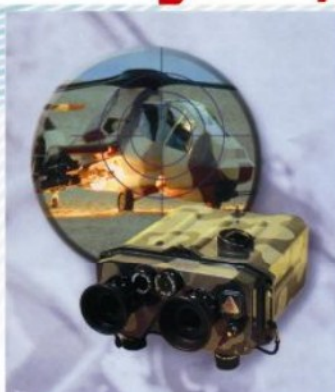
и другие геодезические приборы

Каждому покупателю - **в подарок** - электроинструмент **BOSCH**

[WWW.metago.ru/MV.htm](http://WWW.metago.ru/MV.htm)



Лазерный тахеометр КТД-3



Малогабаритный лазерный  
дальномер ЛДИ-3-1М



Безопасный для зрения  
лазерный дальномер EG-LRF

### ФГУП НИИ "Полюс" им. М.Ф.Стельмаха –

ведущий научный центр России в области лазерной техники:  
твердотельные и полупроводниковые лазеры, лазерные кристаллы и  
элементы лазерных систем, лазерные дальномеры, измерители  
скорости, гироскопы, приемно-передающие модули для ВОЛС, лазерные  
технологические и медицинские установки.

117342, Москва, ул. Введенского, д.3  
Телефон: (095) 330-0365,  
факс: (095) 333-0003  
e-mail: [mail@polyus.msk.ru](mailto:mail@polyus.msk.ru)  
<http://www.polus.msk.ru>



Топографический лазерный дальномер КТД-2-2

**POLYUS's**  
**Laser Rangefinders Family**



# ИНФОРМАЦИЯ

**НОВЕЙШИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ!**

**СОВРЕМЕННОЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛАМ!**

**Электронные тахеометры:**

- Trimble 5600 для роботизированной съемки
- Trimble 3600 с расширенным набором программ
- Trimble 3300 недорогие и простые в использовании

**Цифровые нивелиры:**

- DiNi 22 точные
- DiNi 12 технические

**Лазерные безотражательные дальномеры:**

- Impuls 200 с клинометром
- Impuls 100

**Трассоискатели:**

- FERROLUX, METROTECH, HAGENUK
- Radiodetection

**Георадары:**

- Зонд 12С
- SIR System-2000

**СКИДКА 5%**

**ГТС 2000**  
"В ЛУЧШИХ ТРАДИЦИЯХ"

ООО "Геотехсервис-2000", 129010, г. Москва  
Протопоповский переулок, д.9  
тел.: (095) 280-98-60, 232-94-34, факс: (095) 280-53-14  
Internet: www.gts2000.ru, e-mail: survey@gts2000.ru

[WWW.metago.ru/MV.htm](http://WWW.metago.ru/MV.htm)

**Геодезическое оборудование**

**Программное обеспечение**

**Периферийные устройства ПК**



ЗАО "Геостройизыскания" предлагает широкий ассортимент геодезического оборудования. В нем представлены как традиционные оптические теодолиты и нивелиры, так и современные электронные тахеометры и GPS-оборудование, программируемые микрокалькуляторы и мощное программное обеспечение для цифрового моделирования местности, чертежные инструменты и последние модели плоттеров.

Специализированный Сервисный Центр ЗАО "Геостройизыскания" осуществляет предпродажную подготовку приборов и их сервисное обслуживание.

**ГСИ ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ**

105082, г. Москва, ул. Ф. Энгельса, д. 75, стр. 11, www.gsi2000.ru, gsi@comail.ru  
(095) 101 22 08 (многоканальный), 926 86 07, 234 00 46 (47, 48), 926 89 18 (19)

