

В результате проведенных исследований впервые установлена количественные характеристики изменений амплитуд мелкоамплитудных разрывных нарушений, более достоверно установлены количественные характеристики изменения амплитуд надвигов как по простиранию, так и по падению.

Выявленные закономерности изменения амплитуд тектонических нарушений на основании большого количества фактических данных дают возможность шахтной геологической службе более обоснованно прогнозировать протяженность и амплитуды конкретных разрывных дислокаций на проектируемых к отработке площадях.

Дальнейшее направление изучения количественных закономерностей изменения амплитуд разрывных нарушений с глубиной и по простиранию плоскостей сместителей, как нам представляется, следует проводить с учетом подстадий и этапов эпигенеза угленосных отложений.

Библиографический список

1. Омелянович В.М. Тектоника шахтных полей Донбасса. — М.: Углетехиздат, 1955. — 96 с.
2. Терентьев Е.В. О соотношении простираний крупных надвигов на севере Донбасса и об изменении величины смещения во времени и пространстве // Третья геологическая конференция «Лутугинские чтения». — Из-во Ворошиловградского НТГО, 1969 — С.156–160.
3. Бабич А.А., Дубровский В.И. Об амплитудах основных разрывов Донецко-Макеевского района // Третья геологическая конференция «Степановские чтения». — Артемовск, 1969. — С.34–38.
4. Нагорный Ю.Н. Характер изменения с глубиной амплитуд надвигов в северо-западной части Донбасса // Уголь Украины, 1968. — №11. — С.56–57.

© Лубочников А.Н., Хромов А.Н., 2001

УДК 55:550.3

ПАНОВ Б.С., КУПЕНКО В.И. (ДонНТУ), ПАН ЮН ВЕН (Чин Фа индустриально-промышленная компания, КНР)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЖЕЛЕЗОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ШУЙ-ЧАН (КНР)

С помощью новых методов геолого-геофизических исследований и оригинальной аппаратуры в пределах одного из крупнейших в Азии карьеров впервые выявлены активные геодинамические зоны, влияющие на устойчивость бортов карьера. На основании кинематического анализа реконструирована ориентировка главных осей палеотектонического поля напряжений. Полученные данные используются при планировании развития горных работ.

В настоящей работе подведены итоги исследований, выполненных по инициативе Государственного металлургического департамента КНР и его подразделений — металлургического комбината «Столица», его горно-обогажительного филиала в г. Цяньан и карьера Шуй Чан. Планируемое увеличение глубины карьера с 207 до 470 м и необходимость закладки наклонного ствола потребовали оценки всех факторов, влияющих на безопасность эксплуатации карьера. В связи с этим, целью работы явилось выявление активных геодинамических зон и нарушений, а также определение пространственного положения осей напряжений, которые оказывают влияние на устойчивость бортов карьера и отвалов.

Для решения поставленной задачи был применен разработанный на кафедре «Полезные ископаемые и экологическая геология» ДонНТУ новый метод геофизических исследований, который реализуется при помощи оригинальной аппаратуры.

Применение метода дало хорошие результаты при изучении тектоники ряда месторождений полезных ископаемых стран СНГ и также при инженерно-геологических работах [1]. Этот азимутальный метод структурно-геодинамического картирования (СГДК-А) основан на использовании открытого в последние годы явления анизотропии электрических свойств почвы, которая связана с деформациями массива горных пород в зонах влияния современных геодинамических структур. Анизотропия удельного электрического сопротивления установлена также в техногенных образованиях: асфальт, бетон, искусственные насыпи и так далее. Детальное изучение азимутальной анизотропии позволяет выявлять тектонические швы в коренных породах [1].

Методика и техника СГДК направлены на получение в точке наблюдения информации об ориентировке направлений наибольшей анизотропии удельного электрического сопротивления (электрических осей). Глубинность метода варьирует от долей метра до 2 метров в зависимости от электрических свойств покровных образований. Полевые работы проводятся со специально разработанной аппаратурой, компактной и экономичной. Электронный фиксатор аномалий (ЭФА) реализует способ дипольного кругового индуктивного профилирования. Минимальная глубина зондирования позволила уменьшить базу генератор-приемник до 1 метра. Приемник регистрирует амплитуду магнитной компоненты вторичного поля в ближней зоне, которая определяется главным образом проводимостью поверхностного слоя. Рабочая частота генератора выбрана исходя из наиболее типичных электрических свойств почв. Учтена возможность влияния промышленных помех.

Оперативность метода СГДК позволяет выбирать шаг наблюдений в зависимости от ширины предполагаемых геодинамических зон. Практически он варьирует от 1 до 10 метров. В каждой точке профиля определяются значения амплитуд магнитной компоненты вторичного поля с установкой, которая последовательно ориентируется по 12 азимутам. Первый и последний отсчеты соответствуют азимуту 0° . Обработка полученных данных состоит в вычислении эмпирических коэффициентов, отражающих устойчивость ориентировки электрических осей вдоль профиля. Выделяются участки стабильной ориентировки, разделенные промежутками со значительной дисперсией значений азимутов осей. Среди первых присутствуют как фоновые, так и аномальные ориентировки. Таких осей в пределах аномалий может быть несколько. Наличие осей существенно облегчает увязку аномалий по площади.

Для повышения достоверности интерпретации данных СГДК проведены тектоно-физические исследования, направленные на изучение поля напряжений в пределах карьера. В основе примененного кинематического анализа лежат известные в теории пластичности факты, согласно которым деформация твердого тела развивается путем смещения по всей совокупности имеющихся в нем ослабленных поверхностей. Для реконструкции полей напряжения и деформаций используются замеры ориентировки трещин и следов смещения по ним — штрихов и борозд. Направление смещения определяется по комплексу морфологических признаков. Интерпретация данных сводится к построениям на стереографической сетке вручную или с помощью ПЭВМ. В результате реконструируется ориентировка главных нормальных осей напряжений или деформаций [2, 3].

Железорудное месторождение Шуй Чан, разрабатываемое одним из крупнейших в Азии карьеров протяженностью в 3,6 км, шириной до 1,7 км и глубиной более 0,2 км, находится в провинции Хэбэй в 190 км к востоку от г. Пекина. Оно расположено в северо-западной части рудного района Цяньан, занимающего площадь свыше 300 км². Восточная и западная рудные зоны, сочленяющиеся на юго-западе, образуют подковообразную структуру длиной около 25 км и шириной 15–20 км. Длина

восточной зоны составляет 10 км при ширине 1 км. Она включает месторождения Гундяньцзы, Цяньпэйчжуан, Даянчжуан, Яняшань. Длина западной рудной зоны составляет 15,5 км при ширине 2 км. К ней приурочены месторождения Шуй Чан, Мондягоу, Бейтунь, Вандзявань и др. [4] (рис.1).



Рис. 1. Схематическая карта рудного района Цяньбан (пояснения в тексте)

Рудные зоны приурочены к породам архейского возраста (группа Цяньси), слагающим сложные складки. В структурном отношении рудный район Цяньбан входит в состав одноименного поднятия, обнажающегося в пределах северной окраины Северо-китайской платформы. Толща претерпела многократную активизацию, выраженную в хрупких и пластичных деформациях. Преобладают структурные направления север-северо-восток и северо-восток. Изометричные антиклинории и сложные изоклинальные синклинории образуют пересекающиеся структурные планы.

Исходными породами группы Цяньси были главным образом эффузивы основного и среднего состава морской фации с «полуглинистыми» грауваками и многочисленными горизонтами железисто-кремнистой формации. В нижней и средней частях разреза породы метаморфизованы до гранулитовой фации. Выше они переходят в породы высших ступеней амфиболитовой фации.

Широко развита мигматизация. Возраст пород, определенный рубидий-стронциевым методом, свыше 3,5 млрд. лет, возраст метаморфизма — более 2,5 млрд. лет.

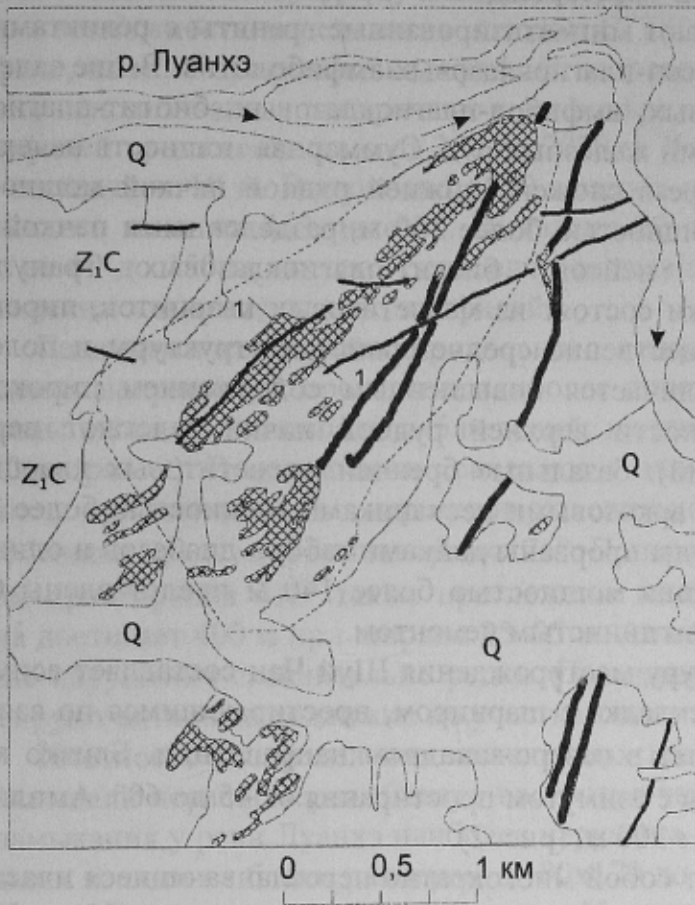
Породы группы Цяньси разделяются на три свиты. Свита Сан-Ган (Ar_s) состоит из гранулитов с линзами метаультрамафитов, лейкогранитов, переслаивающихся с породами полосчатой железорудной формации (ПЖФ). В пределах рудного района Цяньбан установлены специфические зоны, состоящие из тонких слоев гранулитов, парагнейсов и ПЖФ. Эти характерные пачки могут использоваться для расчленения разреза и корреляции. Их осадочное происхождение несомненно. Тонкий пласт или линза ПЖФ отмечает верхнюю границу малого цикла и геологами компании стали и железа «Столица» именуется «демаркационным железом» (рис.2).




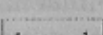
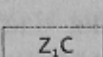
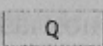
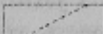
Вышезалегающая свита Саньтуньин (Ar_{SH}) мощностью до 6 км сложена силлиманит-гранат-биотитовыми и биотит-плагиоклазовыми гнейсами. Она является самой продуктивной толщей на востоке провинции Хэбэй, заключая более 30% запасов железа района. Завершает разрез группы Цяньси свита Маланюй (Ar_m) общей мощностью до 2 км, представленная роговообманково-плагиоклазовыми гнейсами, плагиоклазовыми амфиболитами, эпигранулитами.

Породы протерозойского возраста, относящиеся к группе Чжучжанцзы (Синий, Zc) несогласно перекрывают архейские отложения. В состав отложений общей мощностью до 9,5 км входит ряд продуктивных горизонтов. Исходные породы по происхождению аналогичны архейским отложениям. Фация метаморфизма в основ-

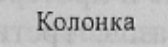

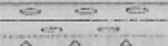
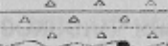





ном зеленокаменная, реже амфиболитовая. Возраст по рубидий-стронциевому методу — 2,4 млрд. лет [4]. Промышленное значение руд железа определяется большими запасами, возможностью открытой разработки, хорошей обогатимостью и развитой инфраструктурой.

Схематическая геологическая карта



-  Рудные тела
-  Тектон. нарушения
-  Дайки диабазов
-  Линия разреза
-  Z_1C Песчаники,
-  Q Лесс
-  Контур карьера

Стратиграфическая колонка

Инд	Колонка	Мощ
T_2^2		>70
T_2^2		>70
Pr ₁		>200
Zc		>160
Ar (S ²⁻⁶)		70
Ar (S ²⁻⁵)		40
Ar (S ²⁻⁴)		20 - 100
Ar (S ²⁻³)		80 - 160
Ar (S ¹⁻³)		

Разрез по линии 1-1

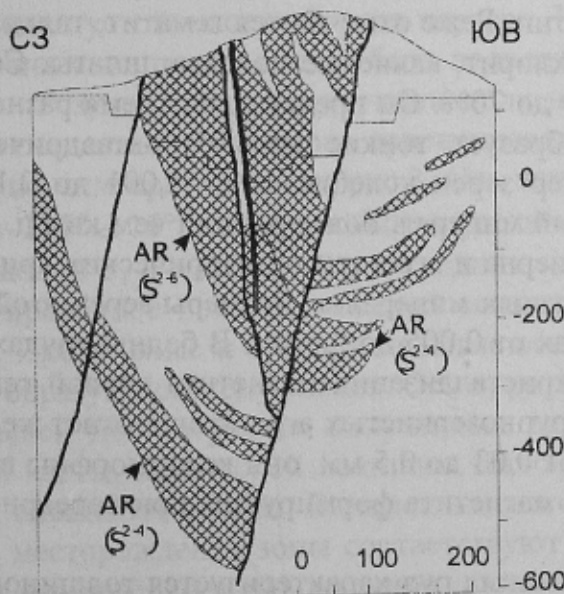


Рис. 2. Геологическое строение железорудного месторождения Шуй-Чан

Месторождение Шуй Чан является крупнейшим в пределах рудного района Цяньан. В начале 1999 года промышленные запасы рудника Шуй Чан составляли 660 млн. т из которых 330 млн. т находятся в контуре современного карьера. При проектной годовой производительности 18 млн. т сырой руды рудник обеспечен запасами на достаточно длительный период.

Нижний структурный этаж месторождения представлен свитой Сан-Ган (Ar_5^2). В основании разреза залегают мигматизированные граниты с реликтами пироксенитов (вебстеритов) и пироксен-плагиоклазовых амфиболитов. Выше залегают две пачки пироксен-плагиоклазовых, амфибол-плагиоклазовых, биотит-плагиоклазовых гнейсов с тонкими прослоями железных руд. Суммарная мощность пачек достигает 260 м. Верхняя часть разреза сложена нижней рудной пачкой мощностью 40 м и верхней рудной пачкой мощностью более 160 м, разделенными пачкой силлиманит-биотит-плагиоклазовых гнейсов, биотит-плагиоклазовых гранулитов мощностью до 70 м. Рудные пачки состоят из магнетитовых кварцитов, пироксен-магнетитовых кварцитов преимущественно среднезернистой структуры и полосчатой текстуры. Нижняя пачка отличается повышенным содержанием пироксенов (рис. 2). На эрозионной поверхности верхней рудной пачки залегают верхнепротерозойские отложения (Синий): базальные брекчии магнетитовых кварцитов, гнейсов, мигматитов, перекрытые аркозовыми песчаниками мощностью более 20 м. Архейские и протерозойские породы прорваны дайками габбро-диабазов и оливинных диабазов. Третичные отложения мощностью более 140 м представлены брекчиями и конгломератами с песчано-глинистым цементом.

В обобщенном виде структуру месторождения Шуй Чан составляет асимметричная линейная синклиальная складка с шарниром, простирающимся по азимуту 45° . Осевая плоскость круто падает в северо-западном направлении. Близко к ней расположены продольные разломы с азимутом простираения от 45 до 60° . Амплитуда сбросовой составляющей достигает 300 м. (рис. 2).

Рудные пачки представляют собой многократно переслаивающиеся пластообразные и линзообразные рудные тела, мощность которых меняется от 10 до 300 м. Главные минералы руд включают магнетит, кварц, гиперстен, салит и роговую обманку. Среди второстепенных минералов — ильменит, плагиоклаз, гранат, биотит, карбонаты, графит, апатит, циркон, пирротин. Реже отмечаются гематит, тальк, уралит, актинолит, зеленый биотит, эпидот, хлорит, калиевые полевые шпаты. Содержание магнетита в рудах колеблется от 30 до 70%. Он представлен тремя разновидностями. Магнетит первой генерации образует тонкие вроски октаэдрических идиоморфных кристаллов в кварце. Размер зерен колеблется от 0,001 до 0,1 мм. Магнетит этой разновидности — первичный минерал, более ранний чем кварц. Магнетит второй генерации — это отдельные зерна и агрегаты октаэдрических кристаллов, приуроченные к контактам зерен нерудных минералов. Размеры зерен этой разновидности магнетита находятся в пределах от 0,005 до 0,5 мм. В бедных рудах они формируют полосы, возникшие при перекристаллизации магнетита первой генерации. Магнетит третьей генерации в виде крупнозернистых агрегатов слагает железистые полосы. Размеры зерен составляют от 0,03 до 0,5 мм, они ксеноморфны по отношению к силикатам. Эта разновидность магнетита формируется при перекристаллизации наиболее богатых руд.

Самый распространенный тип полосчатых руд характеризуется толщиной полосок кварца и магнетита около 1 мм. Среднеполосчатые руды с толщиной полосок от 3 до 20 мм подразделяются на две разновидности: простую и сложную. В первом случае обогащенные и обедненные магнетитом полосы имеют приблизительно оди-

наковую толщину. Сложные среднеполосчатые руды характеризуются неравной толщиной полосок, формирующихся за счет перекристаллизации микрополосчатых руд. В случае, если полосчатость неясная или отсутствует, руды относятся к «массивным». Такие текстуры — результат глубокой перекристаллизации богатых руд.

Структурно-геодинамическое картирование выполнено в центральной и северо-восточной части карьера (участок Северная гора), а также за его пределами. С учетом возможности определения методом СГДК не только положения аномалий на профиле, но и их ориентировки, профили задавались вдоль уступов карьера. Максимально использовались поперечные к основным структурам уступы. Всего пройдено 7 профилей протяженностью от 200 до 2070 м. Расстояние между точками наблюдений составляло 10 м. Выполнено 6010 замеров амплитуды магнитной компоненты вторичного поля на 462 пикетах. Выявлено 20 аномальных участков протяженностью от 60 до 150 м, которая определяется главным образом ориентировкой геодинамических зон относительно профилей.

Геодинамические зоны продольного относительно главных структур месторождения направления проявлены наиболее интенсивно. По простиранию они прослежены вдоль всей площади наблюдений; их длина превышает 2000 м при ширине до 50 м (рис. 3). В целом они совпадают с закартированными при геологической съемке и прослеженными в карьере нарушениями. Преобладает азимут простирания 45° . Меньше проявлена ориентировка 75° . Поперечные геодинамические зоны с азимутом простирания 315° также прослежены на большей части площади работ. Их длина достигает 400 м при ширине 25–35 м. Аналогичные по ориентировке тектонические нарушения сравнительно редки. По-видимому, такие геодинамические зоны фиксируют активные подвижки по участкам повышенной трещиноватости.

Плотность распределения выявленных геодинамических зон по исследованной площади неравномерна. Северо-восточная часть карьера на протяжении 1 км от его замыкания у реки Луанхэ наиболее нарушена. Она разбита продольными и поперечными зонами на блоки размером от 80×170 до 150×250 м. К юго-западу нарушенность горного массива значительно ниже. Прослежены только продольные зоны. Таким образом, карьер разделен на два блока, существенно отличающихся по степени нарушенности. Северо-восточный блок является потенциально нестабильным в отношении устойчивости бортов карьера. На участках пересечения продольных и поперечных зон породы могут быть подвержены сдвигам.

Результаты реконструкции поля напряжений методом кинематического анализа по данным 70 замеров ориентировки тектонических трещин и векторов смещений по ним приведены на рис. 3. Ось наибольшего сжатия σ_3 ориентирована по азимуту $227^\circ \angle 16^\circ$, ось наибольших растягивающих или наименьших сжимающих напряжений σ_1 — $320^\circ \angle 3^\circ$, ось средних значений напряжений σ_2 — $75^\circ \angle 65^\circ$. Реконструированное поле напряжений симметрично относительно структур месторождения. Продольные и субпараллельные основным структурам месторождения нарушения образуют систему сколов. Ось σ_3 расположена в их биссекторной плоскости. Для большей достоверности полученных данных использовались сведения геологической карты, на которой показаны тектонические нарушения и направления сдвиговых смещений по ним. Выявленные методом СГДК поперечные основным структурам месторождения зоны соответствуют трещинам отрыва. Ориентировка сжимающих напряжений вдоль шарнира указывает на постскладчатый характер деформаций (рис. 3).

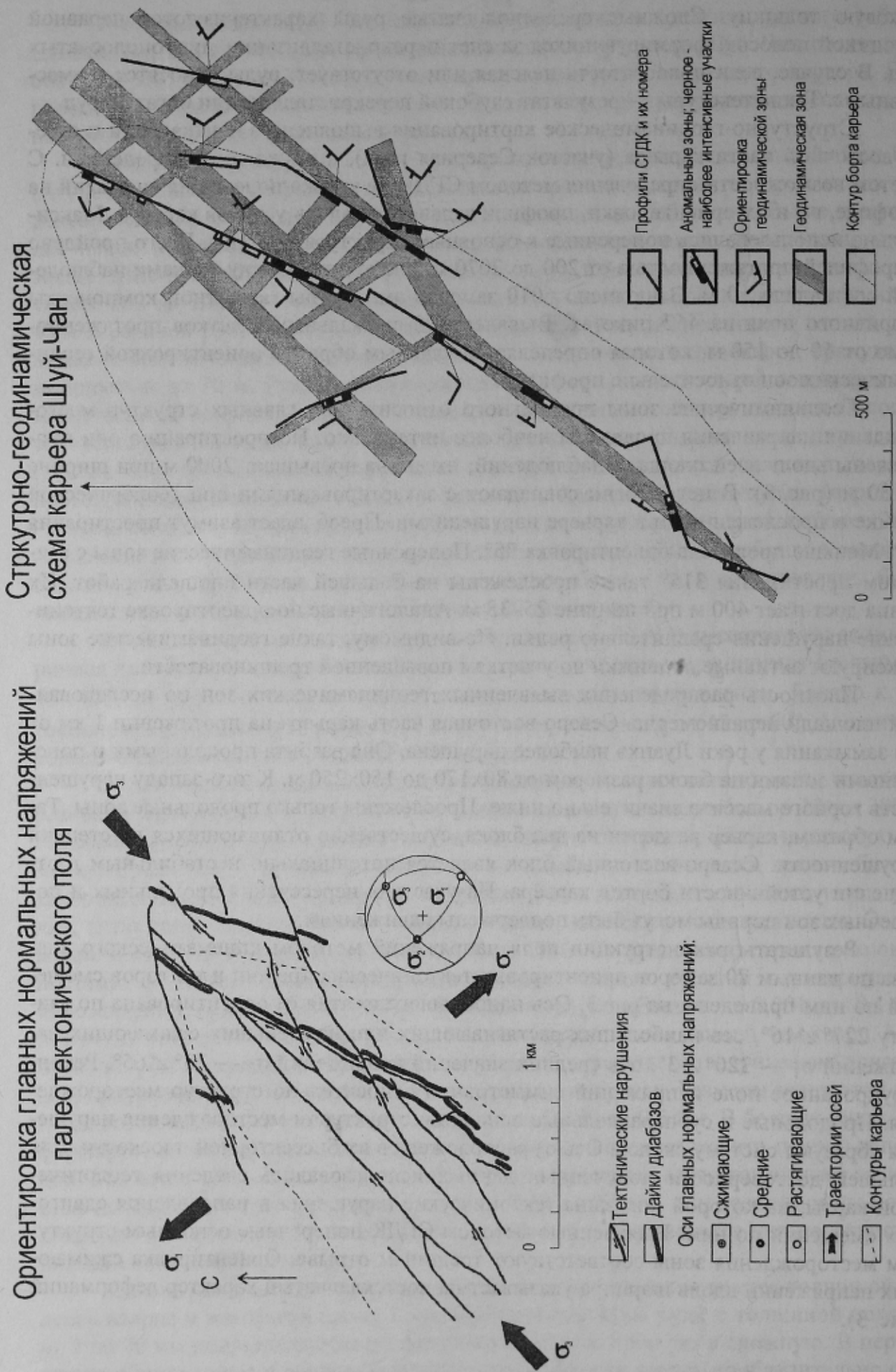


Рис. 3. Результаты геолого-геофизических работ на карьере Шуй-Чан

Важная информация для оценки устойчивости отвалов, складированных пустых пород получена на профиле 7, который пройден за пределами карьера ниже отвального моста. Здесь на профиле четко проявились две очень активные геодинамические зоны, указывающие на сползание отвала вниз в долину, где расположены крестьянские дворы. Ориентировка этих зон от 10 до 30°; с ними связано возникновение многочисленных трещин отрыва с образованием небольших (до 1–2 м) уступов сползания.

Проведенными научно-техническими работами на железорудном карьере Шуй Чан с применением нового метода изучения горных массивов (СГДК-А) и прибора ЭФА оперативно, в короткий срок получена новая геолого-геофизическая информация.

Впервые составлена структурно-геодинамическая карта-схема карьера с указанием наиболее активных современных геодинамических зон. Впервые выявлена значительная роль трещин северо-западного направления (азимут 315°). На основании новых данных кинематического анализа определено пространственное положение главных осей тектонических напряжений в горном массиве. Указанные данные следует учитывать при проведении добычных работ в карьере, оценке устойчивости его бортов и выявлению мест, склонных к обрушению и сползанию породных массивов, а также смещению отвалов пустых пород. Способ СГДК-А и прибор ЭФА показали свою высокую работоспособность, экономичность и оперативность получения важной для горного дела геолого-геофизической информации.

Библиографический список

1. Панов Б.С., Тахтамиров Е.П. Новое в геолого-геофизических исследованиях // Известия ВУЗов, Геология и разведка, 1993. — № 3. — С.57–67.
2. Гущенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М.: Наука, 1979. — С. 7–25.
3. Гущенко О.И. Кинематический принцип реконструкции направлений главных напряжений // ДАН СССР, 1975. — Т. 255. — № 3. — С.557–560.
4. Zhang Yixia, Ye Tingsong, Yanhongquan, et al. The Archean Geology and Banded Iron Formation of Jidong, Hebei Province. — Geological Publishing House, 1986.

© Панов Б.С., Купенко В.И., Пан Юн Вен, 2001

УДК 551.3.001

ТАРАНЕЦ В.И., БОГУН Л.Д., ЗАБОРИН М.С. (ДонНТУ)

РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Современные экзогенные гравитационные геодинамические процессы получили широкое развитие в пределах Украины, в том числе и на территории Донецкой области.

Прогноз возникновения и развития этих процессов приобрел особую актуальность после ряда катастроф, охвативших Западную Украину в 1998 и 2001 годах, а также многочисленных оползневых явлений вдоль Черноморского побережья в районе г. Одессы, Крымского полуострова, а также в Киеве, Днепропетровске, Днепродзержинске и ряде других регионов Украины.

Не менее актуальной эта проблема является и для Донецкой области, имеющей широкий выход к Азовскому побережью и отличающейся довольно сложными геологическими условиями.