

Панов Борис Семенович, Рябоштан Юрий Сергеевич,
Тахтамиров Евгений Петрович, Алехин Виктор Иванович

Донецкий Политехнический Институт
Донецк, Украина

НОВЫЙ МЕТОД СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Резюме. Описан новый метод геолого- геофизических исследований, который называется структурно-геодинамическим картированием (СГДК).

Структурно-геодинамическое картирование представляет собой систему геолого - геофизических способов выявления, прослеживания и наблюдения в горном массиве зон современных тектонических деформаций, или геодинамических зон, и расширения из геологической природы. Метод разработан в Донецком бассейне и показал хорошие результаты при изучении тектоники угольных месторождений, поисках и разведке различных видов минерального сырья (флюорита, полиметаллов, редких элементов, золота, каолина и др), а также при инженерно-геологических изысканиях, обнаружения карстовых полостей и пустот, а также других видах работ. Метод прошел более чем 10-летнюю практическую проверку на Украине и Средней Азии, Архангельской области и Воркутинском угольном бассейне, в Крыму, Белоруссии, Китайской народной республике и других местах. Эффективность полученных результатов позволяет рекомендовать широкое его применение в практику различного рода горно-геологических, инженерно-геологических, поисковооценочных и других работ.

NOWA METODA BADAŃ STRUKTURALNO-GEODYNAMICZNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono nową metodę badań geologiczno-geofizycznych, opracowaną w Donieckim Zagłębiu Węglowym, którą nazwano strukturalno-geodynamicznym kartowaniem (SGDK). Stanowi ona system geologiczno-geofizycznych sposobów wykrywania, śledzenia i dokumentacji stref nowych deformacji tektonicznych i sfer geodynamicznych w górotworze oraz określania ich geologicznej natury. Za jej pomocą uzyskano dobre rezultaty przy badaniach tektoniki zagłębi węglowych, poszukiwaniu i rozpoznawaniu różnego rodzaju złóż surowców mineralnych fluorytu, polimetali, metali ziem rzadkich, złota, kaolinu i innych), a

także przy inżynieryjno-geologicznych poszukiwaniach, wykrywaniach zjawisk krasowych i pustek oraz przy innych typach prac. Metoda przeszła 10-letnią weryfikację w praktyce na Ukrainie, w Azji Środkowej, Obwodzie Archangielskim, w Basenie Węglowym Workuty, na Krymie, Białorusi, w CHRL i w wielu innych miejscach. Efektywność otrzymanych wyników pozwala rekomendować metodę do szerokiego stosowania w praktyce przy pracach górniczo-geologicznych, inżyniersko-geologicznych, poszukiwawczo-klasyfikujących i innych.

A NEW METHOD OF STRUKTURAL-GEODYNAMIC INVESTIGATIONS

Summary. This article describes a new method of geological and geophysical researches, the so called structure and geodynamic mapping (SGM). This is a system of geological-geophysical ways of the revealing, tracing and observing in the studied rock mass, zones of modern tectonical deformations or geodynamical zones and deciphering their geological nature.

It has been used in the Donetsk basin and shows good results in the investigations of tectonics of coal deposits, search and exploration of different kinds of mineral products (fluorite, polymetals, rare elements, gold, kaolin etc.) in engineering-geological studies, detecting karst caves and cavities, and in other types of works. The method has been tested for more than ten years in such regions as the Ukraine, Middle Asia, Archangelsk, Vorkuta coal basin, the Crimea, the Belorussia, the P.R. of China etc. The efficiency of the results allows us to recommend this method for vast practical use in mining geology, engineering geology, search, prospecting and estimation and in other fields.

Одной из главных задач в геологии является разработка новых прогрессивных методов изучения земных недр. Их внедрение в практику геологических работ повышает достоверность и эффективность исследований и позволяет получать качественно новые их результаты. Таким новым методом является структурно-геодинамическое картирование (СГДК), которое в сочетании с другими общеизвестными методами изучения геологических объектов повышает разрешающую способность и информативность при решении задач геологической съемки, разведочного бурения и геофизических исследований.

Структурно-геодинамическое картирование впервые была разработано и практически опробовано в Донецком бассейне применительно к изучению тектоники угольных месторождений. Дальнейшее развитие исследований показало высокую эффективность СГДК при поисках и разведке различных видов минерального сырья (полиметаллические руды, золото, флюорит и т.д.), при инженерно-геологических изысканиях, обнаружении скрытых карстов и других видов работ. К настоящему времени этот метод прошел практическую проверку в Донбассе и Приазовье, Львовско-Волынском и Боркутинском угольных бассейнах, в различных районах Украинского Цита, Средней Азии, Крыму, а также в Китайской Народной Республике в 1990г и других местах / 2, 5, 6, 10 и др. /.

Структурно-геодинамическое картирование представляет собой систему геолого-геофизических способов выявления, прослеживания и наблюдения в горном массиве зон современных тектонических деформаций, или геодинамических зон, и расшифровки их геологической природы. В отличие от общеизвестных геофизических методов, основанных на регистрации и изучении фиксированных, статистических свойств геологических объектов, СГДК изучает в тектонически напряженном горном массиве геофизические поля и аномалии в их динамике и развитии. Современные движения земной коры СГДК исследует более детально, крупномасштабно, в конкретных тектонических зонах, вплоть до отдельных трещин в горном массиве. Тектонофизика изучает в основном результаты геодинамичес-

ких процессов прошлого, накопившихся в течение длительной истории развития горного массива, а СГДК базируется на проявлениях современных полей тектонических напряжений. Расшифровка результатов структурно-геодинамических съемок производится с учетом геологических данных об истории развития района и его тектонических особенностях, а изучение современных геодинамических движений в геологических структурах – с помощью определенных геофизических наблюдений, что сближает СГДК с геотектоникой и геофизикой.

Структурно-геодинамическое картирование решает две задачи – прямую и обратную. Прямая задача заключается в изучении режима современных геодинамических движений в горном массиве, в прослеживаемых тектонических структурах с известным их местоположением. Обратная задача – обнаружение по результатам геодинамических съемок местоположения тектонических структур и определение их характерных особенностей.

Метод СГДК основан на изобретениях Л.В.Горбушиной и Ю.С.Рябоштана "Способ выявления современных геодинамических движений в тектонических структурах", Ю.С.Рябоштана и Е.П.Тахтамирова, а также Е.П.Тахтамирова, Б.С.Панова, Ю.С.Рябоштана "Способ структурного геодинамического картирования" / 2, 7, 8 /, эти способы называются соответственно СГДК-Э (эманационный) и СГДК-А (азимутальный, электромагнитный). Важная их особенность состоит в использовании поверхностных покровных отложений в качестве источника информации о геодинамических процессах, происходящих в глубокорасположенных коренных породах. Покровные отложения, т.е. рыхлые или слабосцементированные антропогенные, а также более древние пески, глины и другие образования обычно рассматриваются как инертная статическая среда, являющаяся помехой при изучении структурно-тектонических особенностей коренных горных пород. Между тем изучение вышеуказанными способами СГДК современной геодинамики с использованием покровных отложений в качестве носителя информации позволяет проводить структурное картирование скрытых под наносами геологических образований более эффективно, чем традиционными методами на открытых площадях.

Благодаря геологическим и иным особенностям покровные отложения являются своего рода резонаторами – даже незначительные упругие деформации горного массива приводят к возникновению в них заметных полей напряжений, особенно на контакте с коренными породами, а также в приповерхностном слое. Такие поля напряжений резко усиливаются в зонах современных структур, что позволяет обнаруживать и изучать их с целью последующей геологической интерпретации. Недооценка этого, как и игнорирование происходящих в покровных отложениях петрофизических процессов, может привести к ошибочным заключениям, как это видно на примере эманационного способа СГДК.

В соответствии с существующими представлениями эманационная съемка, основанная на изучении ореолов радиоактивных газов (радона, торона в коренных породах над выходами тектонических нарушений), может применяться только на участках, где мощность покровных отложений не превышает 5–8 м. Основными факторами глубинности эманационной съемки являются периоды полураспада радиоактивных изотопов и коэффициенты их диффузии, которые и определяют концентрацию в почвенном покрове эманаций, мигрировавших из тектонической зоны в коренных породах. Поскольку период полураспада радона равен 3,826 сут., а торона 24,4 с, глубинность съемки по торону практически совпадает с глубиной отбора проб почвенного воздуха (0,8–1,0 м), а по радону составит 3–8 м в зависимости от диффузионных свойств среды. Этими значениями и определяется глубинность эманационного метода выявления под рыхлыми отложениями интересных объектов, в том числе тектонических зон в подстилающих породах, что нашло свое отражение в формуле [4]

$$x = \sqrt{\frac{P}{\lambda}} \ln \frac{C_{Э0}}{C_{Э}}$$

где X – глубинность эманационной съемки; D – коэффициент диффузии эманаций; λ – постоянная распада; $C_{Э0}$ – концентрация эманаций на границе пласта; $C_{Э}$ – удельная активность эманаций в порых бесконечной однородной среды:

$$C_{Э} = \frac{C_x K_{Э} \delta}{K_n}$$

где C_x – удельная активность радиоактивного элемента, из которого образуется эманация; $K_{Э}$ – коэффициент эманирования; K_n – коэффициент пористости, доли от объема породы; δ – плотность породы, г/см³.

Однако практика работ с применением СГДК свидетельствует о возможности обнаружения тектонически напряженных зон в горном массиве при значительно больших мощностях покровных отложений по сравнению с вышеуказанными. При этом 100–200-метровая толща покровных отложений не является помехой для картирования современных геодинамических зон, возникающих над тектонически нарушенными коренными породами. Объясняется это тем, что сами покровные отложения представляют собой источник эманирования за счет распада рассеянных в них радия и тория. Эманлирующая способность наносов в значительной мере зависит от интенсивности деформаций, которые передаются покровным отложениям активными структурами коренного массива. Чем больше деформируются рыхлые или слабо сцементированные покровные образования, тем больше возрастает их эманлирующая способность. Таким образом, глубинность картирования тектонических структур определяется уже не дифференцированной длиной миграции эманаций в условиях двухслойной среды, а интенсивность современных геодинамических движений, так что величина $C_{Э}$ может быть выражена формулой

$$C_{Э} = \frac{C_x \delta K_{Э}}{K_n} (f)$$

где f – коэффициент, учитывающий влияние на эманирование напряженно-деформированного состояния среды.

Особую роль при этом играют реологические свойства наносов, резко отличающиеся от подобных характеристик горных пород, что опреде-

ляет величину K_3 , которая колеблется от долей процента в плотных коренных породах до 95-98% в сильно разрушенных, разуплотненных образованиях / I /. В результате покровные образования чутко реагируют даже на незначительные изменения напряженного состояния коренных пород, что можно установить по их эманулирующей способности. Таким образом, покровные отложения являются своеобразным геологическим трансформатором современных полей напряжений горного массива, увеличивающим во много раз их отражение в геофизических полях.

Недооценка роли геодинамической природы эманационных аномалий в покровных образованиях приводила иногда к неправильным заключениям о наличии под наносами значительного источника. Горные и буровые работы по обнаружению "перспективного рудного тела" не приносили положительных результатов, и подобные "ложные" аномалии приписывались обычно несовершенству приборов - эманометров. На самом же деле эти явления объясняются по-иному и имеют важное значение при решении целого ряда геологических задач методами СГДК.

Те участки покровных отложений, которые характеризуются повышенным эманированием, отличаются также электромагнитными и другими свойствами, которые могут быть использованы для регистрации и изучения современных геодинамических процессов. Примером может служить метод СГДК-А, с помощью которого возможно картирование тектонических нарушений и выявление различных структурных блоков среди массивов горных пород. Достигается это на основе экспериментально установленного наличия в поверхностном слое покровных отложений микродеформационных структур, генетически связанных с современными геодинамическими процессами в массивах коренных пород.

Это определяется изменениями в поверхностном слое покровных пород интенсивности микродеформаций и их ориентировки в зависимости от характера геодинамических процессов в коренном массиве. Такие изменения в покровных отложениях выражаются в анизотропии их электромагнитных параметров, в частности электропроводности. Практически этот способ

изучения современных геодинамических явлений реализуется с помощью электромагнитного фиксатора анизотропии (установка ЭФА).

Установка содержит излучатель электромагнитного поля и приемник, регистрирующий деформацию параметров вторичного поля, анализ которых позволяет судить о наличии тектонических нарушений. Следует отметить, что способ СГДК-А, основанный на регистрации и анализе азимутальной анизотропии электропроводности различных сред, может успешно применяться не только при изучении поверхностного слоя покровных отложений. Как показывают экспериментальные данные и опыт работ, необходимая информация может быть получена при исследовании поверхностей искусственных покрытий (асфальт, бетон), льда замерзших акваторий, а также вечно мерзлых грунтов, что значительно расширяет возможности применения метода. Намечается принципиальная возможность структурного картирования кристаллических и иных коренных пород, закрытых ледяным покровом. Например, при проведении исследований на льду морского шельфа в районе г. Архангельска были зафиксированы тектонические нарушения, которые прослеживаются от берега более чем на Юкм в акваторию Белого моря. Если учесть, что подобного рода разломами контролируется размещение кимберлитовых тел региона, то значение практического применения нового способа СГДК-А станет очевидным.

Работы по структурно-геодинамическому картированию с целью выявления и прослеживания тектонических нарушений под толщей наносов или иных образований, а также определение их типов обычно проводятся по сетке профилей. Расстояние между профилями и их взаимное расположение определяются задачами и детальностью исследований (от 10-20 до 300-500 м).

На профилях строго выдерживается шаг между точками наблюдений: для одной площади исследований - стандартный, для различных - от 2 до Юм, обычно 5м. При работе по методу СГДК-Э в заданных точках проходятся шпур в почвенном слое глубиной 0,9-1,0м. Из них отбираются проба почвенного воздуха, в которой по методике параллельной работы эма-

нометра и интерферометра определяется содержание не только радона и торона, но метана и углекислого газа. На точках с аномальной концентрацией радона и торона проводится повторное измерение эманаций после длительной прскачки - дезаманирование. Затем по общепринятым методикам производится расчет концентрации радона и торона. Полученные данные изображаются в виде профилей. Кроме этого, составляются обычным способом или с применением ЭЕМ карты распределения на площади радона, торона и метануглекислых газов. Последние являются диффузионными и служат совместно с радиоактивными эманациями для определения типа нарушения. Так, над крупными нарушениями геодинамические зоны в покровных отложениях характеризуются значительным содержанием метануглекислых газов и радона, а над малоамплитудными разрывами метануглекислые гвзы отсутствуют, и содержание радона значительно меньше.

При работе с установкой по способу СГДК-А на каждой точке наблюдения производятся круговые измерения с угловым шагом 30° . Каждому фиксированному положению приемника присваивается порядковый номер от 0° до 12 . Повторный замер в исходной позиции - контрольный. Глубинность зондирования покровных отложений при расстоянии (базе) между излучателем и приемником от 2 до $0,8$ м лежит в пределах $0,1-0,5$ м. Закономерности в пространственном распределении ориентировок микродеформаций устанавливаются с помощью непараметрической фильтрации результатов полевых измерений. В итоге выявляются особенности структурных ориентировок микродеформаций по профилям. Их анализ и сопоставление позволяют определять границы неоднородных по своей геодинамической активности блоков пород, внутри блоковые разломы, а также мелкую тектоническую нарушенность. Способ СГДК-А запатентован в США (патент №4602215 от 22.07.1986), Канаде (патент №1206201), Франции (патент №8308914 публикация 2547062), и Италии (патент №1163389 от 08.04.1987).

Полученные карты и профили, отражающие местонахождение тектонических нарушений под покровными отложениями, называются структурно-геодинамическими. Масштаб этих карт от $1:10000$ до $1:500$ и определяется целью исследования.

Особо важное значение имеет выявление скрытых под наносами геодинамически активных тектонических структур при проектировании и строительстве различных объектов: платин, атомных электростанций, крупных зданий и сооружений, выборе мест закладки карьеров, изучении оползней, их природы и динамики развития, а также при исследовании и прогнозировании сейсмических явлений.

Опыт работы показывает эффективность применения СГДК при детальном структурном изучении территории, закрытых чехлом покровных отложений. Это видно на примере зоны сочленения Донецкого бассейна и Приазовского кристаллического массива, где в связи с процессами тектоно-магматической активизации в конце палеозоя и мезо-кайнозой возникла довольно разнообразная рудная минерализация, среди которой выделяется Покрово-Киреевское месторождение флюорита / 3 /.

Проведение поисково-оценочных работ на флюорит и др. полезные ископаемые затрудняется отсутствием обнажений коренных пород на поисковых участках, где мощность покровных отложений достигает до 100 м, а также значительной сложностью геологического строения района. Обычные геологические и геофизические методы выявления тектонических структур в рудовмещающей карбонатной толще при такой мощности перекрывающих отложений не дают надежных результатов. В связи с этим впервые в этом районе были проведены работы по методу СГДК с целью установления скрытых тектонических нарушений. Участок вблизи г. Комсомольска сложен песчано-глинистыми и карбонатными отложениями нижнекаменноугольного возраста. Он расположен на сочленении двух крупных тектонических структур — Южно-Волновахской зоны разломов северо-восточного простираения и зоны Войковский разломов, в которую входит установленный геолого-съёмочными работами в северо-восточной части участка Комсомольский взбросо-сдвиг юго-восточного простираения. В центральной части участка предполагалось наличие субмеридионального нарушения, которое могло контролировать размещение скрытого оруденения. Поисковые работы на флюорит из-за большой

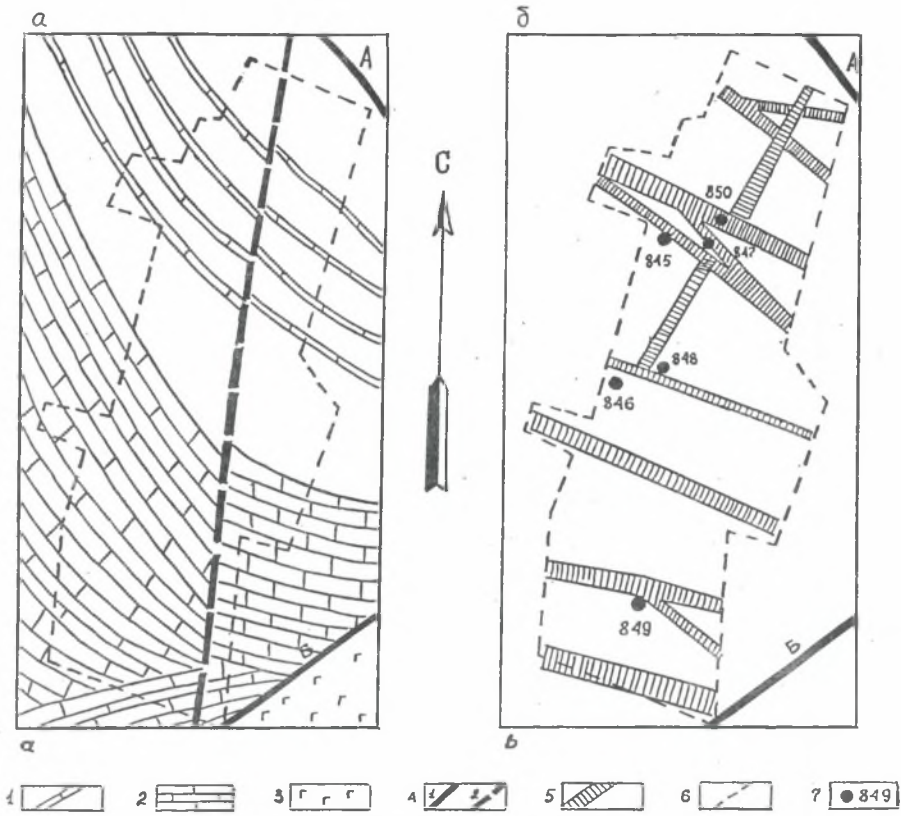


Рис. 1. Тектоника Комсомольского участка

- а. по данным Приазовской КГРЭ
- б. по данным структурно-геодинамического картирования
- 1- терригенная толща карбона
- 2- карбонатная толща карбона
- 3- базальты девона
- 4- тектонические нарушения:
 - 1- установленные: А- Комсомольский сбросо-сдвиг
 - Б- Южно-Волновачский разлом
 - 2- предполагаемые
- 5- геодинамические зоны
- 6- контур участка СГДК
- 7- скважины заверочного бурения

Rys. 1. Tektonika rejonu "Komsomolskij"

a) wg danych Priazowskiej KGRE, b) wg danych SGDK

- 1 - terygeniczna warstwa karbonu, 2 - karbonatytowa warstwa karbonu, 3 - bazalty dewonu, 4 - zaburzenia tektoniczne 1 - wykryte: А - Komsomolskij uskocznienie, В - Juzno-Wolnowachskij przełom, 2 - przypuszczalne, 5 - strefy geodynamiczne, 6 - granice obszaru SGDK, 7 - otwory wiercen potwierdzających

мощности наносов проводились здесь с помощью бурения. Скважины располагались так, чтобы они подсекли на глубине зоны дробления карбонатных пород, образованные субмеридиональным разломом. Однако большинство скважин встретило ненарушенные породы без видимых признаков флюоритовой и иной минерализации, что поставило под сомнение достоверность информации о структурных особенностях участка.

В результате проведенного структурно-геодинамического картирования была составлена схема разрывных нарушений, основанная на выявленных и прослеженных в покровных отложениях зонах современных геодинамических движений. Все зоны современной геодинамической активности, которые трансформируют тектонические нарушения в коренных породах, характеризуются повышенным выделением эманаций, в несколько раз превышающих фоновые значения, в также контрастными аномалиями по метану и углекислому газу.

С целью проверки полученных данных Приазовской КГРФ было пробурено шесть скважин в рекомендованных точках, которые подтвердили наличие выявленных методами СГДК тектонических зон с раздробленными и гидротермально измененными породами. Так, скважинами 845, 847 и 850 был разбурен узел сопряжения разноориентированных крупных геодинамических зон. В скв. 845 на интервале 170–210 м вскрыта зона дробления и повышенной трещиноватости пород, к ней приурочена интенсивная кальцитизация. В ряде прожилков кальцита обнаружен флюорит, а также включения сфалерита. Скв. 847 тоже пересекла ряд тектонических нарушений, выраженных брекчированием и милонитизацией пород, среди которых интенсивно проявилась кальцитизация. Наиболее интересными оказались интервалы 160–162 и 185–203 м, где в кальцитовых прожилках встречены флюорит, сфалерит и галенит. Остальные скважины (850, 846, 848, 849) также установили наличие тектонических нарушений, к которым приурочены аналогичные минералопоявления. Таким образом, шесть пробуренных скважин подтвердили достоверность результатов проведенного структурно-геодинамического картирования. К этому же участку относится рудо-

проявление флюорита, вскрытое на глубине около 500м в гранитоидах скв. 830, которая вначале была остановлена, а затем добуривалась по результатам геодинамической съемки.

На Войковской площади работ Приазовской КГРЭ задания по рекомендациям СГДК четыре поисковые скважины подтвердили наличие скрытых под наносами зон тектонических нарушений в коренных породах.

В этом же районе на участке Кипучая Криница получены данные, свидетельствующие о возможности обнаружения карста с помощью СГДК. Здесь зафиксирована крупная геодинамическая зона субширотного простирания, которая пересекалась несколькими субмеридиональными зонами. В местах их взаимопересечений были зафиксированы резко контрастные эманационные аномалии, конфигурация которых в плане близка к изометричной. Пробуренные в этих местах скважины, например 954 и др., почти на всем интервале проходки в карбонатных породах (около Юм) встретили обломки известняков, пески, глины и другие карстовые образования.

Представляет интерес также опыт применения СГДК при изучении структурных особенностей одного из участков Приазовского кристаллического массива, расположенного в долине р.Кальмиус. У с.Чермалык он сложен кристаллическими породами докембрийского граносиенитового комплекса, которые покрыты наносами. В северной части участка по данным геологосъемочных работ установлена жила пегматита, а в южной — жильные проявления флюорита.

Проведенные исследования позволили выявить довольно многочисленные активные геодинамические зоны различной ориентировки, отражающие структурный рисунок фундамента. Литогеохимическое опробование показало приуроченность повышенных содержаний редкоземельных и других элементов к обнаруженным структурам. Так, геохимические аномалии по сумме редкоземельных элементов, превышавшие местный статистический фон в 2-6 раз, в восточной части совпадают с геодинамическими зонами север-северо-восточной ориентировки. Геодинамическая зона северо-восточной ориентировки в южной части участка подтверждена буровыми рабо-

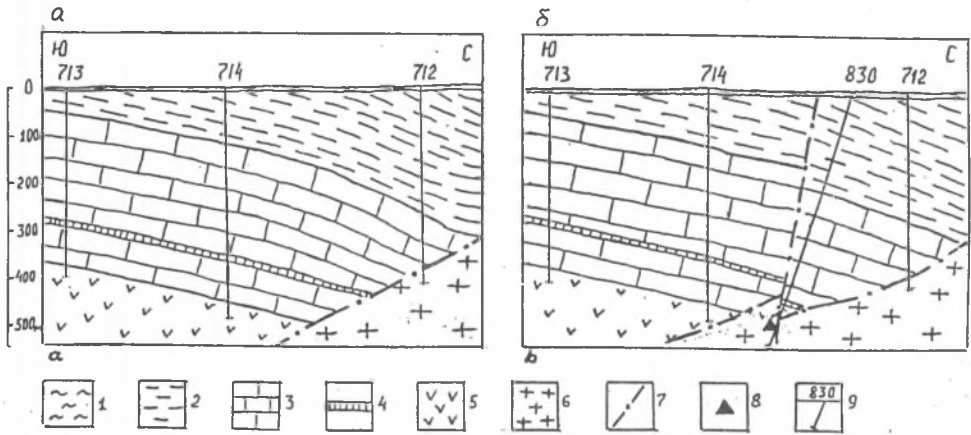


Рис. 2. Геологический разрез участка Комсомольский

а. до постановки структурно-геодинамического картирования (СГДК) и заверочного бурения.

б. с учетом данных структурно-геодинамического картирования и заверочного бурения

- 1- покров рыхлых отложений
- 2- терригенная толща нижнего карбона
- 3- карбонатная толща нижнего карбона
- 4- маркирующий горизонт C_1^{Va}
- 5- отложения девона
- 6- кристаллическое основание
- 7- тектоническое нарушение
- 8- рудопроявления флюорита
- 9- буровые скважины и их номера

Rys. 2. Przekrój geologiczny rejonu "Komsomolskij"

а. до момента структурально-геодинамического kartowania (SGDK) i wiercenia potwierdzającego:

1 - pokrycie luźnych osadów, 2 - terygeniczna warstwa karbonu dolnego, 3 - karbonatytowa warstwa karbonu dolnego, 4 - poziom przewodni C_1^{Va} , 5 - warstwy dewonu, 6 - podstawa krystaliczna, 7 - zaburzenia tektoniczne, 8 - występowanie rudy fluorytu, 9 - otwory wiertnicze i ich numery

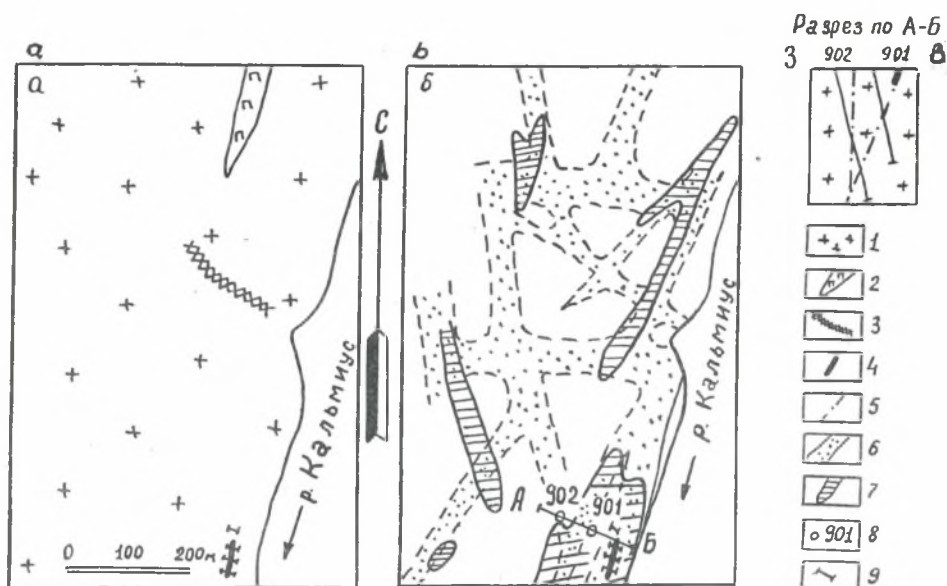


Рис. 3. Геологическое и тектоническое строение рудопроявления флюорита 'Чермалык I'

а. по данным Приазовской КГРЭ до постановки поисковых работ.

б. по данным структурно-геодинамического картирования.

- 1- граносиениты
- 2- пегматитовое тело
- 3- дайка диабазы
- 4- флюоритовая зона по тектонической зоне
- 5- тектоническая зона
- 6- геодинамические зоны
- 7- аномалии суммы редкоземельных элементов (Ce + ...)
- 8- поисковые скважины
- 9- поисковые каналы

Rys. 3. Budowa geologiczna i tektoniczna występowania rudy fluorytu "Czermałyk I"

a. wg danych Priazowskiej KGRE do momentu prac poszukiwawczych, b. wg danych strukturalno-geodynamicznego kartowania:

- 1 - granosjenity, 2 - negmatyt, 3 - dajka diabazu, 4 - strefa fluorytu wg strefy tektonicznej, 5 - strefa tektoniczna, 6 - strefy geodynamiczne, 7 - anomalie sumy pierwiastków ziem rzadkich (Ce + ...), 8 - otwory poszukiwawcze, 9 - rowy poszukiwawcze

тами. В скв. 902 на глубине 160 м встречена зона интенсивной трещиноватости и брекчирования с плоскостями скольжения. Эта же зона на глубине 60 м подсечена скв. 901. Под покровными отложениями вскрыта канавой тектоническая зона, содержащая флюоритовую минерализацию.

Имеются и другие примеры успешного применения способов СГДК при изучении структурных особенностей Украинского щита, а также иных регионов.

Комплексные структурные исследования были проведены в Южном Узбекистане на Кызыл-Турукском рудном поле, в пределах Зеравшано-Алайской структурно-формационной зоны Южного Тянь-Шаня / 7 /. Здесь наряду с проведением структурно-геодинамического картирования на закрытых наносами участках изучались в обнажениях складчатые и разрывные деформации рудовмещающих пород, что дало возможность не только взаимно увязать выявленные дислокации, но и восстановить палеотектонические поля напряжений. Терригенные отложения карбона, несогласно залегающие на девонских карбонатно-кремнистых образованиях, смяты в складки и разбиты тектоническими нарушениями, среди которых преобладают межформационные и межпластовые срывы и надвиги. Основной структурой изученного района является Кызыл-Турукская антиклиналь северо-западного простирания. Работами по СГДК установлены доминирующие геодинамические зоны восток-северо-восточного ($60-65^{\circ}$) и северо-западного (320°) простирания. Первые ориентированы вкrest шарнира Кызыл-Турукской антиклинали и по данным тектонофизических исследований соответствуют зонам растяжения последнего интенсивно проявившегося палеотектонического поля напряжений, для которого характерно расположение оси максимального растяжения нормально к простиранию геодинамических зон. В современную эпоху по ним отмечаются оползни.

Геодинамические зоны северо-западного простирания фиксируют продольные зоны трещиноватости в сводовой части Кызыл-Турукской антиклинали. Они расположены вкrest оси — направления максимальных усилий сжатия.

Структурные факторы явились определяющими в контроле эндогенного

оруденения. При этом главными рудовмещающими структурами оказались разрывы, сопровождавшие формирование антиклинали, в особенности межпластовые срывы в ее своде и продольные зоны трещиноватости. Расположение отдельных рудопроявлений контролируется пересечением этих различно ориентированных структурных элементов, четко трассируемых на закрытых наносами участках соответствующими геодинамическими зонами.

Режимные наблюдения на одной из зон восток-северо-восточного простирания показали заметные вариации эманационного поля во времени. При этом изменялись как уровень фона, так и контрастность эманационных аномалий. Эта нестабильность выделения эманаций объясняется современными изменениями поля напряжений в изученном районе.

Наблюдения за эманационным полем и анализ морфологии зафиксированных аномалий, в особенности по торону, показали, что пологая ветвь асимметричных аномалий имеет, как правило, южное падение. В этом же направлении падает большинство тектонических нарушений, так что этот признак, в дополнение к другим, может быть использован для выяснения направления падения скрытых под наносами нарушений, фиксируемых зонами современной геодинамической активности.

При изучении и разведке угольных месторождений, а также последующей отработке шахтных полей весьма актуальны задачи выявления и прогноза зон мелкой нарушенности и повышенных тектонических напряжений в угольных пластах. Именно в таких зонах создаются условия, неблагоприятные для ведения горных работ и способствующие внезапным выбросам угля и газа в шахтах, которые, как правило, совпадают с периодами активизации геодинамических зон. Имеющийся опыт работ на шахтных полях Донбасса и Львовско-Волинского бассейна показывает высокую эффективность метода СТДК для решения подобных задач.

На рис. 4, а показана схема тектонических нарушений поля шахты "Великомостовская" №10 по данным геологоразведочных работ. Угленосные отложения нижнего карбона залегают здесь на глубинах более 200 м и перекрыты верхнемеловыми мергелями, известняками и современными отложения-

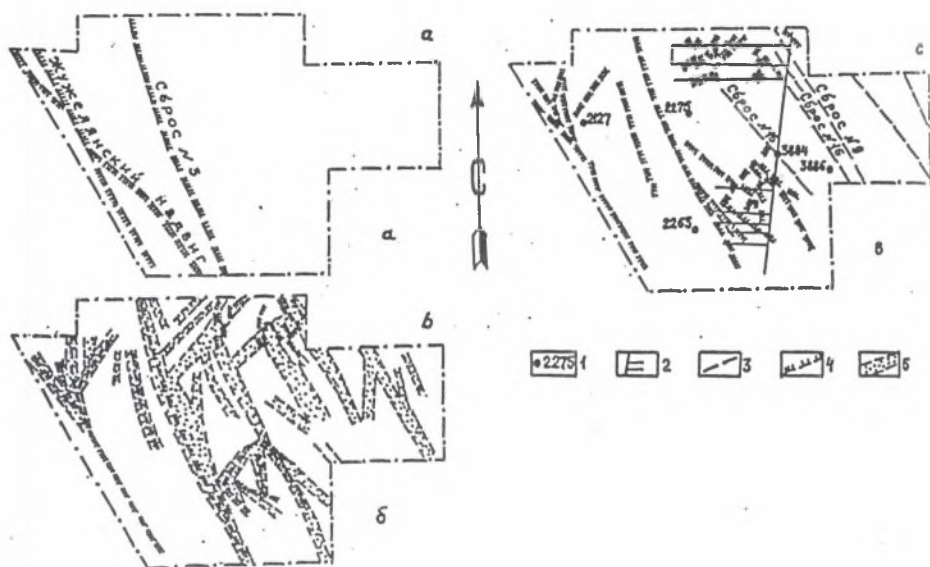


Рис. 4. Тектоническое строение участка №10 шахты Великомоствская на основе геологическо-поисковых исследований (а), СГДК (б), горных и буровых работ (в).

- 1 - скважины
- 2 - границы горных работ
- 3 - тектонические нарушения (предполагаемые)
- 4 - тектонические нарушения (выявленные)
- 5 - геодинамические зоны

Rys. 4. Budowa tektoniczna pola nr 10 kopalni "Velikomostovskaja" wg badań geologiczno-poszukiwawczych (a) SGDM (b) oraz robót górniczych i wiertniczych (c)

1 - otwory, 2 - granice robót górniczych, 3 - zaburzenia tektoniczne (przypuszczalne), 4 - zaburzenia tektoniczne (wykryte), 5 - strefy geodynamiczne

ми. На западном участке шахтного поля отмечены крупные тектонические нарушения: надвиг Жужелянский с апофизами и сброс №3, остальная его часть представлялась ненарушенной. Эти данные были положены в основу проектирования и осуществления последующих горных работ, а также плановых заданий по добыче угля. При проведении горных работ начали обнаруживаться различные геологические осложнения, что послужило основанием для постановки работ по структурно-геодинамическому картированию.

Работами СГДК был выявлен целый ряд геодинамических зон (см. рис. 4,б), характеризовавшихся довольно большой активностью, хотя в период съемки повышенной геодинамической активности в регионе не отмечалось. Это дало основание для предположения о широком развитии сквозных геодинамических структур, с которыми, как показывает опыт, связаны различные нарушения мелкоамплитудной тектоники, особенно на контакте пород с контрастными реологическими свойствами. Действительно, последующими горными работами и бурением дополнительных скважин было подтверждено наличие многочисленных разрывов, местоположение которых совпало с выявленными геодинамическими зонами (см. рис. 4,в).

Приведенные примеры показывают, что способы СГДК открывают возможность детального и достоверного изучения мелкой тектонической нарушенности шахтных полей. Для этого необходимо вначале провести структурно-геодинамическую съемку. Затем построить карту геодинамических зон и расположить разведочные скважины на шахтном поле с учетом данных этой карты. При этом целесообразно методами межскважинной геофизики прозондировать эти зоны на глубину и установить участки горного массива, где они деформировали угольные пласты. Наличие геодинамической зоны в угольном пласте не всегда определяет его нарушенность, так как для этого необходимо присутствие во вмещающей толще или угольном пласте контрастных с реологической точки зрения контактов. Именно в зонах последних происходит резкое усиление геодинамической напряженности, приводящее к разрывам сплошности пласта.

Таким образом, комплексирование метода СГДК с межскважинными геофизическими методами (например, сейсмическим) открывает наиболее эффективный и достоверный путь изучения мелкой тектонической нарушенности шахтных полей.

Подобного рода исследования были проведены также на ряде угольных месторождений Средней Азии. Способом СГДК-А на Ангренском, Шурабском и других месторождениях были выявлены геодинамические зоны, отражающие разрывную тектонику, а также участки повышенной трещиноватости горных пород. Расшифровка структурно-тектонических факторов на площадях исследований позволила не только оптимизировать проведение геолого-разведочных работ, но и выявить закономерности распределения токсичных элементов в некоторых угольных пластах, что определяет их концентрацией в местах повышенной проницаемости горных пород.

Так, первоначальное изучение распределения содержаний токсичных элементов в углях одного из участков Ангренского месторождения показало их неравномерное распределение. Проведенное нами структурно-геодинамическое картирование способом СГДК-А на этой площади выявило геодинамические зоны, которые, отражают зоны трещиноватости горных пород или элемента разрывной тектоники. Сопоставление схемы геодинамических зон с ореолами содержаний токсичных элементов - свинца, марганца, ванадия, германия, урана и тория, показало приуроченность аномалий токсичных элементов в угольном пласте к геодинамическим зонам. Распределение аномалий токсичных элементов по простиранию геодинамических зон также неравномерно и в большинстве случаев приурочено к местам пересечения геодинамических зон различного простирания, а также к местам их сопряжения с элементами мелкой складчатости (замки, крылья складок), т.е. к участкам повышенной проницаемости горных пород, выявляемых с помощью СГДК.

Интересен опыт применения метода СГДК в условиях Заполярья, на шахтах "Воркутинская" и "Северная" Воркутинского угольного месторождения. Здесь в районе развития субширотного тектонического нарушения были пройдены шесть опытных профилей с помощью прибора ЭФА. В качестве носителя геодинамической информации использовались многолетне-мер-

злые породы. Способом СГДК-А, основанным на регистрации и анализе азимутальной электропроводности покровных отложений, на участке работ было подтверждено развитие взброса, а также выявлена ранее неизвестная широтная структура, расположенная южнее. Отмечено также напряженно-деформированное состояние горных пород в прибрежной части р.Зоркута. Шахтные горные работы вскрыли выявленное новое широтное нарушение, подтвердив тем самым достоверность результатов, полученных способом СГДК-А.

Задачи выявления и прогноза зон мелкой нарушенности и повышенной тектонической напряженности в угольных пластах весьма актуальна не только при изучении и разведки угольных месторождений, но и последующей разработке шахтных полей. Именно в таких зонах создаются условия, неблагоприятные для ведения горных работ, в том числе способствующие внезапным выбросам угля и газа в шахтах в периоды активизации геодинамических зон. Имевшийся опыт работы на шахтных полях Донецкого, Львовско-Большинского, Воркутинского и Среднеазиатского бассейнов показал высокую эффективность метода СГДК для решения подобных задач.

Знание особенностей разломной тектоники имеет важное значение не только для угольной геологии, но и при изучении различных эндогенных проявлений, поэтому целесообразность применения структурно-геодинамического картирования в различных регионах страны представляется очевидной. Выявляемые способами СГДК поля активизации в наносах нередко представляют собой сложные суммарные поля, состоящие из наложенных полей активных приповерхностных тектонических зон, а также более глубоких структур. После разложения суммарного поля на составляющие можно получить структурно-геодинамические карты различных по глубинности этажей горного массива, что имеет большое значение при перспективно-прогнозной оценке рудоносности геодинамических зон.

Имеющийся опыт работы показывает, что более глубокие структуры, как правило, активно влияют на формирование приповерхностных струк-

турных планов. При пересечении активной более глубинной зоны плоскости последующих наложенных разрывов могут менять свое простирание, в месте взаимопересечения в несколько раз возрастает мощность раздробленных пород, т.е. возникает более проницаемая для рудообразующих растворов дренажная система.

Таким образом, глубинные активные структуры способствуют формированию благоприятных для миграции рудоносных растворов трещинных зон в осадочной толще. Следовательно, первоочередной задачей при поисках эндогенной минерализации будет выявление именно этих структур с помощью метода СГДК. Не меньшее значение имеет новый метод геолого-геофизических исследований при изучении экзогенных месторождений коры выветривания. Нами были проведены работы по изучению влияния структурно-тектонических факторов на формирование первичных каолинов одного из крупнейших месторождений Украины - Просяновского, расположенного в северо-восточной части Украинского кристаллического массива Русской платформы. Оно состоит из 12 отдельных залежей общей площадью около 25 км² и связано с древней (средняя юра - нижний мел) корой выветривания докембрийских кристаллических пород: гранитов, мигматитов, гнейсов, пегматитов и других пород. Мощность пластообразных залежей каолинов непостоянна и составляет в среднем 17-18 м, достигая на отдельных участках 45-50 м. Принято связывать мощность каолиновых залежей с интенсивностью химического выветривания коренных пород, зависящей от их минерального состава и структурно-текстурных особенностей. Однако, как показали наши исследования с использованием метода СГДК, немаловажное значение в формировании залежей каолина имели структурно-тектонические факторы.

Установлено, что участки повышенной мощности каолинов на месторождении располагаются в основном вдоль геодинамических зон северо-западного простирания. Эти зоны интерпретируются как активизированные древние разрывные нарушения, вдоль которых формировались наиболее протяженные по площади и на глубину коры выветривания. Часто максима-

льные мощности каолинов высоких сортов приурочены к узлам пересечения геодинамических зон простираения $285-300^{\circ}$ с другими выявленными тектоническими зонами.

Результаты исследований позволяют более рационально располагать геолого-разведочные скважины, повышают достоверность эксплуатационной разведки и могут быть использованы при планировании горных работ.

Возможности эффективного применения нового метода структурно-геодинамического картирования при решении целого ряда геологических задач позволяют рекомендовать широкое его внедрение в практику поисково-оценочных, геолого-разведочных и других работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланшевич Ю.П. Диффузия эманаций в породах и средах. - Изв. АН СССР. Сер. геофиз., 1968, № II, с. 1383-1388.
2. Горбушина Л.В., Рябоштан Ю.С. Картирование зон современных тектонических движений с помощью радиометрии. - Изв. вузов. Геол. и разв., 1974, №6, с. 176-178.
3. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Груба В.И. Минералогия Донецкого бассейна. Ч. I. Киев, Наукова думка, 1975.
4. Ларионов В.В., Резванов Р.А. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка. М., Недра, 1976.
5. Панов Б.С., Алехин В.И., Рябоштан Ю.С. Опыт применения геодинамического структурного картирования в связи с поисками флюорита в зоне сочленения Донбасса и Приазовского массива. - В кн.: Осадочные породы и руды. Киев, Наукова думка, 1980, с. 101 - 111.
6. Панов Б.С., Рябоштан Ю.С., Тахтамиров Е.П., Алехин В.И. О новом методе структурно-геодинамических исследований. Советская геология, 1984, № I.
7. Панов Б.С., Алехин В.И., Корчамагин В.А., Тюртыиков С.В. Роль структурно-тектонического фактора в формировании каолиновых залежей по данным новых методов исследований. Изв. вузов. Геол. и разв., 1990, № I.
8. Тахтамиров Е.П., Панов Б.С., Рябоштан Ю.С. Способ структурного геодинамического картирования. Авторское свидетельство № 1091729, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий, 1984 г.

9. Рябоштан Ю.С., Тахтамиров Е.П., Способ выявления современных геодинамических движений в горном массиве. Авторское свидетельство № ИИ269/3, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий, 1984 г.
10. Рябоштан Ю.С. О содержании и задачах структурно-геодинамического картирования при поисковых и разведочных работах на месторождениях гидротермального типа. Там же, с. 126-135.
11. Ушаков В.Н. О концентрической металлогенической зональности вольфрамового оруденения Южного Тянь-Шаня. - В кн.: Металлогения орогенных этапов развития Тянь-Шаня. Тезисы докл. IX Всесоюз. металлогенич. совещ. Ташкент, 1979, с.290-291.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Bernard DRZEŹLA

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1992 r.

S t r e s z c z e n i e

Przedstawiono nową metodę badań geologiczno-geofizycznych, którą nazwano strukturalno-geodynamicznym kartowaniem (SGDK). Metodę opracowano w Donieckim Zagłębiu Węglowym.

Za jej pomocą uzyskano dobre rezultaty przy badaniach tektoniki zagłębia węglowego, poszukiwaniu i rozpoznawaniu różnego rodzaju złóż surowców mineralnych (fluorytu, polimetalu, metali ziem rzadkich, złota, koalinu i innych), a także przy inżynieryjno-geologicznych poszukiwaniach, wykrywaniach zjawisk krasowych i pustek oraz przy innych typach prac. Metoda przeszła 10 letnią weryfikację w praktyce na Ukrainie, Azji Środkowej, Obwodzie Archangielskim, w Basenie Węglowym Workuty, na Krymie, Białorusi, CHRL i wielu innych rejonach.

Metoda strukturalno-geodynamicznego kartowania stanowi system geologiczno-geofizycznych sposobów wykrywania, śledzenia i dokumentacji stref nowych deformacji tektonicznych lub stref geodynamicznych w górotworze i określania ich geologicznego charakteru. SGDK spełnia dwie funkcje: prostą i odwrotną. Funkcja prosta polega na badaniu charakteru współczesnych geodynamicznych ruchów w górotworze w badanych strukturach tektonicznych o zlokalizowanym już ich położeniu. W funkcji odwrotnej dokonuje się lokalizacji na podstawie zdjęć geodynamicznych, usytuowania struktur tektonicznych i określa się ich cechy charakterystyczne. Metoda SGDK opracowana przez Gorbuzinowa L.W., Rjabosztana J.S., Tachomirowa E.P., Panowa B.S. posiada dwa sposoby praktycznej realizacji. Sposoby te nazywają się odpowiednio SGDK-E (emanacyjny) i SGDK-A (azymutowy elektromagnetyczny). Ważna ich specyfika zawiera się w wykorzystaniu powierzchniowych osadów jako źródła informacji o geodynamicznych procesach, zachodzących w głęboko zalegających zasadniczych skałach. Dzięki m.in. reologicznym własnościom, osady powierzchniowe stanowią swoistego rodzaju rezonatory - nawet nieznaczne sprężyste deformacje górotworu prowadzą do powstania w nich zauważalnych stref naprężeń, szczególnie na kontakcie ze skałami zasadniczymi, a także w warstwie przypowierzchniowej. Pola naprężeń również silnie wzrastają w strefach współczesnych geodynamicznych struktur, co pozwala znaleźć je i zbadać w celu dalszego ich geologicznego zinterpretowania.

Praktyka prac z zastosowaniem SGDK świadczy o możliwości znalezienia zaburzeń tektonicznych w górotworze pod warstwą nadkładu grubości 100 - 200 m i więcej. Prace nad strukturalno-geodynamicznym kartowaniem w celu ujawnienia i prześledzenia zaburzeń tektonicznych pod warstwą nadkładu lub innych utworów, a także określenia ich typów przeprowadza się wg siatki profilów. Odległości między profilami i ich wzajemne usytuowanie określa się wg zadań i dokładności badań (od 10-20 do 300-500 m).

W artykule przytoczono wyniki prac metodą SGDK dla studium stanu naprężenia i tektoniki górotworu w Donieckim, Lwowsko-Wołyńskim, Środkowo-Azjatyckim Zagłębiu Węglowym i Basenie Węglowym Workuty oraz z przeprowadzonych poszukiwawczo-klasyfikacyjnych i geologiczno-poszukiwawczych prac w Przyazowskim Masywie Krystalicznym i w górach Tień-Szan oraz z innych miejsc. Efektywność otrzymanych wyników pozwala rekomendować metodę do szerokiego stosowania w praktyce przy pracach górniczo-geologicznych, inżyniersko-geologicznych, poszukiwawczo-klasyfikujących i innych.