

Библиографический список

1. Привалов В.О. Метан в угленосной толще Донбасса: геологические аспекты генерации, миграции и условия сохранности // Геология і геохімія горючих копалин, 2002. — №2. — С. 65–83.
2. Узіюк В.І., Бик С.І., Ільчишин А.В. Газогенераційний потенціал кам'яновугільних басейнів України // Геология і геохімія горючих копалин, 2001. — № 2. — С. 110–121.
3. Лизун С.О., Іванців О.Є., Дудок І.В., Наумко І.М., Кухар З.Я. Закономірності розподілу метану у кам'яновугільних басейнах України та перспективи його видобутку та використання // Геология і геохімія горючих копалин, 2001. — № 2. — С. 122–127.
4. Espitalié J., Laporte J.L., Madec M., Marquis F., Leplat P.M., Paulet J., Boutefeu A.P. Méthode rapide de caractérisation des roches mères de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution // Revue de l'Institut Français du Pétrole, 1977. — Vol. 32. — P. 23–43.
5. Привалов В.А., Изар А., Саксенхофер Р., Жикаляк Н.В., Панова Е.А. Нефтегазогенерационный потенциал углей Донбасса по результатам термолитической газовой хроматографии // Геолог України, 2003. — №3–4. — С. 56–59.
6. Peters K.E., Moldowan J.M. The biomarker guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments. — New Jersey: Prentice Hall, 1993. — 363 p.
7. Привалов В.А., Изар А., Саксенхофер Р., Анциферов В.А. Биомаркеры углей и условия формирования углеводородов в Донецком бассейне // Наук. вісник Національного гірничого університету, 2003. — №6. — С. 42–46.
8. Welte D.H., Horsfield B., Baker D.R. Petroleum and basin evolution — Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1997. — 536 p.
9. Вернадский В.И. Очерки геохимии. — М.: Гос. изд-во, 1927. — 368 с.
10. Sachsenhofer R.F., Privalov V.A., Izart A., Elie M., Kortensky J., Panova E.A., Sotirov A., Zhykalyak M.V. Petrography and geochemistry of Carboniferous coal seams in the Donets Basin (Ukraine): implications for paleoecology // International Journ. of Coal Geol, 2003. — Vol. 55. — P. 259–259.

© Привалов В.А., Анциферов В.А., Панова Е.А., Изар А., Саксенхофер Р.Ф., 2005

УДК 551.24:553.94:622.83

Инж. ДЬЯЧЕНКО Н.А. (УкрНИМИ)

ТЕКТОНИКА КАК ФАКТОР АКТИВИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ГОРЛОВСКОГО СДВИГО-НАДВИГА)

Масштабная разработка месторождений полезных ископаемых сопряжена с мощным техногенным воздействием на массив горных пород. Длительные сроки эксплуатации месторождений, большие объемы извлекаемых пород, концентрация добычи на ограниченных территориях, все это способствует нарушению первоначального напряженно-деформированного состояния массива горных пород на обширных территориях. В результате такого воздействия наряду с естественными геомеханическими процессами, такими как тектонические подвижки по структурным блокам, возникают наведенные геомеханические процессы, вызванные техногенной деятельностью человека.

Опыт подработки больших застроенных территорий (городов, поселков, крупных промышленных комплексов) показывает, что одна из основных и актуальных задач, возникающих в условиях увеличения техногенной нагрузки городских территорий — мониторинг динамики развития техногенного рельефа и сопряженных деформаций земной поверхности подрабатываемых территорий.

Начатое в середине 1990-х годов массовое закрытие нерентабельных и особо убыточных шахт, проводимое в рамках реструктуризации угольной промышленности,

имело весьма слабую нормативную базу и технические требования по многим видам ликвидационных работ. Если по вопросам техники безопасности применялись нормативные требования, разработанные для действующих предприятий, то для решения экологических проблем нормативной базы, практически, не существовало.

В реальных условиях большая часть территорий, характеризующихся большой техногенной нагрузкой, как правило, подрабатывается многократно и в условиях сложного тектонического, структурного и литологического взаимодействия. Недостаточная изученность процессов активизации сдвижений земной поверхности в зонах влияния региональных тектонических нарушений, вызванных консервацией шахт, обосновывает актуальность исследований по оценке развития геомеханических и тектонических процессов в постликвидационный период. Особый интерес вызывает динамика рельефа земной поверхности в процессе подработки массивов горных пород, возможность реактивации процесса сдвижения в зонах выхода тектонических нарушений под наносы.

Один из наиболее ярких примеров подобного взаимодействия — Горловская группа шахт Центрального старейшего промышленного района Донбасса, расположенная в центральной части южного крыла Главной антиклинали Донбасса, простирающиеся углевмещающих пород северо-западное ($320\text{--}330^\circ$), падение пластов пород юго-западное под углом $40\text{--}65^\circ$. Залегание пород осложнено тектоническими разрывными нарушениями сдвиго-надвигового типа. В геологическом строении территории принимают участие дислоцированные каменноугольные отложения, которые обнажаются на земной поверхности, прикрытые тонким чехлом четвертичных образований. В районе центральной части г. Горловка одновременно отрабатывалось более 20 крутопадающих угольных пластов, выдержанной мощности $0,5\text{--}1,7$ м на значительной площади. Центральная часть города расположена на полях шахт «Кочегарка» и им. Ленина. Это наиболее застроенная часть города с обилием коммуникаций. Впервые сосредоточенные деформации земной поверхности здесь были зафиксированы еще в 1938–1939 гг. при отработке горизонта 640 м шахтой «Кочегарка». Наибольшие повреждения от подработки испытывали здания, сооружения, коммуникации, расположенные в зонах деформации земной поверхности в виде уступов и зонах интенсивной трещиноватости пород массива в области влияния тектонических нарушений.

Многолетними инструментальными наблюдениями установлено, что важнейшими геологическими факторами, обуславливающими возникновение сосредоточенных знакопеременных деформаций, являются структурно-тектонические и литологические особенности строения массива горных пород. Наличие разрывных нарушений предопределяет строение со слабыми связями, а плоскости сместителей являются поверхностями по которым может происходить смещение слоев горных пород [1]. Следует учитывать, что идущие до земной поверхности круто залегающие породные слои смещаются, образуя уступы, при этом подвижки по напластованию породных блоков могут приводить к образованию на земной поверхности сосредоточенных деформаций в виде ступеней и уступов.

В данной работе для анализа деформированного состояния участка земной поверхности в зоне влияния структурно-тектонического узла Горловский сдвиго-надвиг — Крутой надвиг и картирования динамики форм техногенного «рельефа оседаний» в постликвидационный период шахты «Кочегарка», интерес представляют амплитуды вертикальных движений земной поверхности над выработанным и законсервированным пространством.

Горловский сдвиго-надвиг пересекает все шахтное поле; горизонтальная, сдвиговая амплитуда смещения на исследуемом участке земной поверхности 840 м, вертикальная надвиговая амплитуда — 50 м, простирающиеся близкое к широтному, угол падения плоскости сместителя 55° на юг — юго-восток. Вскрыт пятью основными и флан-

говыми кваршлагами. По данным горных выработок представляет трещину шириной от 7 до 15 м, заполненную перетертыми горными породами — милонитами. Слои пород у надвига собраны в складки. В зоне складчатости отмечается интенсивная трещиноватость. Следует отметить, что Горловский сдвиго-надвиг — это система тектонических нарушений параллельных напластованию, включающая 13 сместителей и образующая мощную зону дробления.

Анализ современных деформационных процессов проводился на основе баз данных инструментальных геодезических наблюдений по шести наблюдательным станциям, заложенным на горном отводе закрывшейся шахты «Кочегарка». Исходные данные представляли собой результаты повторного нивелирования, проведенного БСМР ПО «Артемуголь» и вычисленные оседания земной поверхности для трех серий наблюдений, проводившихся для контроля развития процесса сдвижения в связи подработкой территории исследований горными работами шахты и последующей «сухой консервацией». Выбор материала для анализа в виде данных оседания земной поверхности за периоды первой (1997 г.), второй (1999 г.) и третьей (2001 г.) серий наблюдений обусловлен требованием к корректности используемой исходной информации, поскольку именно в эти временные интервалы наблюдения проводились на всех отрезках опорных профилей. В тоже время, для исследований были использованы материалы маркшейдерских инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности на поле шахты «Кочегарка» на наблюдательной станции № 300, заложенной на западном крыле шахты в 1953 г. УкрНИМИ. Анализ и обработка исходной информации производились по семи сериям наблюдений с 1957 г по 1982 г. и вычисленным оседаниям земной поверхности для этих серий наблюдений. Характеристика наблюдательных станций приведена в таблице 1.

Табл. 1. Характеристика наблюдательных станций

Наименование наблюдательной станции	Длина наблюдательной станции, км	Количество реперов наблюдательной станции, шт	Расстояние между реперами наблюдательной станции, м
Пр. Ленина	1,49	54	15
Пр. Победы	1,24	35	15
Ул. Ушева	0,28	88	2
Ул. Советская	0,62	99	2
Ул. Комсомольская	2,20	137	2,3
Ул. Моисеенко	1,10	74	3
№ 300 (ул. Ушева, ул. Советская, Комсомольская)	1,18	434	2,7

Результат совмещения геологического разреза с графиками оседаний земной поверхности (рис. 1) позволяет выявить приуроченность знакопеременных деформаций к зоне дробления Горловского сдвиго-надвига, как в период разработки угольных пластов, так и после прекращения добычных работ.

Следует отметить, что основные знакопеременные деформации земной поверхности пространственно связаны с наличием многочисленных сместителей ранее указанной системы. Крутой надвиг, образующий тектонический узел с Горловским сдвиго-надвигом, так же вовлечен в деформационные процессы земной поверхности в результате техногенного воздействия. Поскольку в пределах одного тектонического блока горные породы испытывают практически одни и те же виды тектонического воздействия, а благодаря сложным поступательным сдвиго-надвиговым и вращательным движениям, деформационные дефекты получают дополнительное развитие (рост трещин), то наиболее благоприятным местом для реализации аномальных оседаний земной по-

верхности станут все те же деформационные дефекты, как наиболее слабые звенья системы.

Использование ГИС позволяет обработать пространственно координированную информацию, построить компьютерную модель реальных поверхностей оседаний с учетом данных полевых наблюдений, произвести моделирование процессов с учетом техногенного воздействия и получить результаты в виде карт.

По результатам обработки серий режимных геодезических наблюдений построены карты «рельефа оседаний» земной поверхности $\eta_i(x, y)$ (рис. 2). В данной работе для построения математической модели оседаний земной поверхности использован метод мультиквадриковой интерполяции, обеспечивающий вычисление показателей оседаний на всем исследуемом участке [2].

Имеющийся опыт по оценке реализации методов интерполяции на ЭВМ [3] показывает, что вышеупомянутый метод дает наиболее приемлемые результаты для практики как по времени, так и по точности.

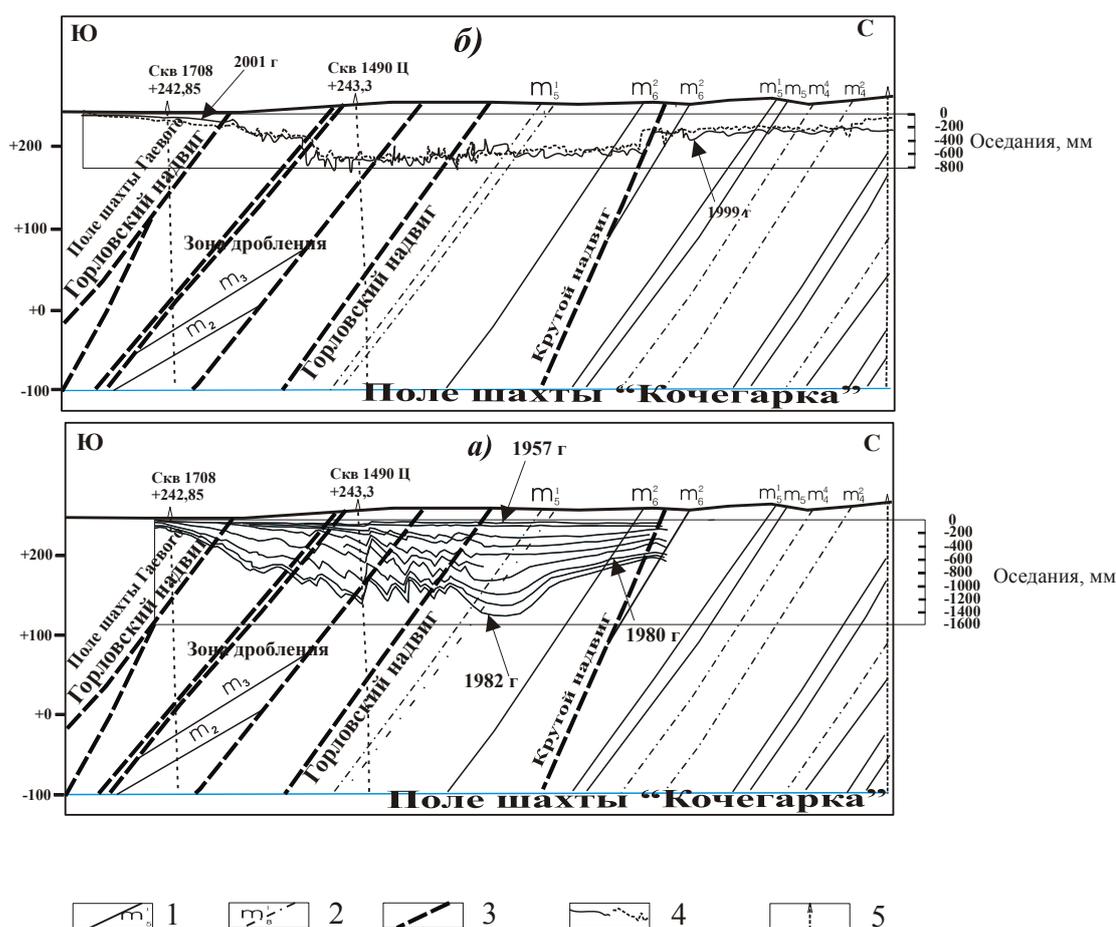


Рис. 1. Геологический разрез по основным и фланговым квершлагам, совмещенный с графиками оседания земной поверхности: а) на период серий наблюдений в эксплуатационный период шахты «Кочегарка»; б) на период серий наблюдений после консервации: 1 — угольные пласты рабочей мощности; 2 — угольные пласты нерабочей мощности; 3 — тектонические нарушения; 4 — кривая оседаний земной поверхности; 5 — разведочные скважины

Полученные карты позволяют сопоставить пространственно-временные изменения рельефа оседаний земной поверхности с литологическими и тектоническими неоднородностями массива горных пород за различные промежутки времени. Если в случае (рис. 2, а) — проявляется ярко выраженная мульда оседания в структурно-тектоническом блоке Горловский сдвига-надвиг — Крутой надвиг, то в случае (рис. 2,

б) — локализация изолиний оседаний земной поверхности тяготеет к зоне дробления регионального Горловского сдвига-надвига.

Следующим этапом обработки исходной информации является применение метода градиентно-векторных моделей и, как следствие, построение карты модулей градиентов в изолиниях, которые отражают интенсивность деформационных процессов на выбранном участке. Применение средств ГИС позволило построить карты модулей градиентов $grad \eta_i(x,y)$ в изолиниях (рис. 3).

Этот метод позволяет выделить однородные участки поверхности по направлениям векторов градиентов, соответствующих тангенсу угла ската в данной точке и при построении карты оконтурить зоны с равномерными наклонными участками [4].

Градиент — вектор, зависящий только от координат данной текущей точки ($grad \Phi$) и направлен по нормали к изолинии поверхности уровня. Направление градиента характеризуется тем, что производная по этому направлению будет наибольшей в этой точке среди производных от Φ в данной точке по всевозможным направлениям.

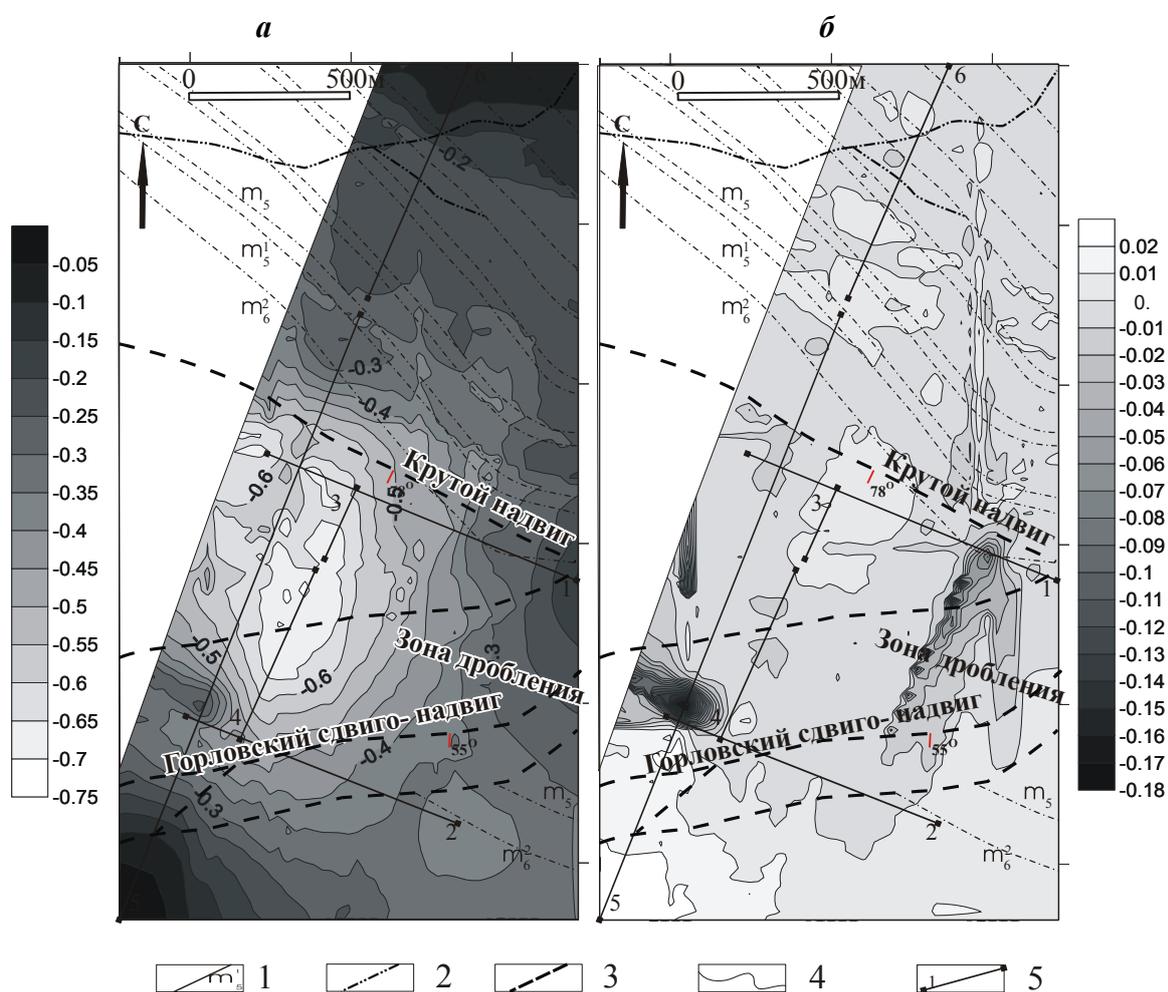


Рис. 2. Совмещенная геологическая карта участка исследований и карта оседаний земной поверхности на период второй и третьей серии наблюдений: (а) с 1997 по 1999 гг.; (б) с 1999 по 2001 гг.: 1 — угольные пласты; 2 — тальвег овражно-балочной сети; 3 — тектонические нарушения; 4 — изолинии оседаний земной поверхности; 5 — профильные линии геодезических наблюдений

Сопоставление полученных карт модулей градиентов за различные периоды времени, позволяет выделить участки, для которых характерна пространственная повторяемость проявления деформационных процессов.

Учитывая, что карта модулей градиентов оседаний земной поверхности (рис. 3, *a*) — отражает интенсивность деформационных процессов с интервалом наблюдений два года и по истечению полутора лет после прекращения эксплуатационных работ, следует заметить, что остаточные деформации земной поверхности сохраняются в зоне подработанного массива горных пород. Тем не менее, в зоне структурно-тектонического блока деформации выражены наиболее явно. В данном случае наибольший интерес представляет карта (рис. 3, *б*) — интенсивность деформационных процессов по истечению последующих полутора лет проявляется лишь в зоне структурно-тектонического блока и тяготеет к зоне дробления Горловского сдвига-надвига, выявляя правую сдвиговую компоненту, которая прослеживается в результате интерпретации геолого-структурных данных (рис. 4).

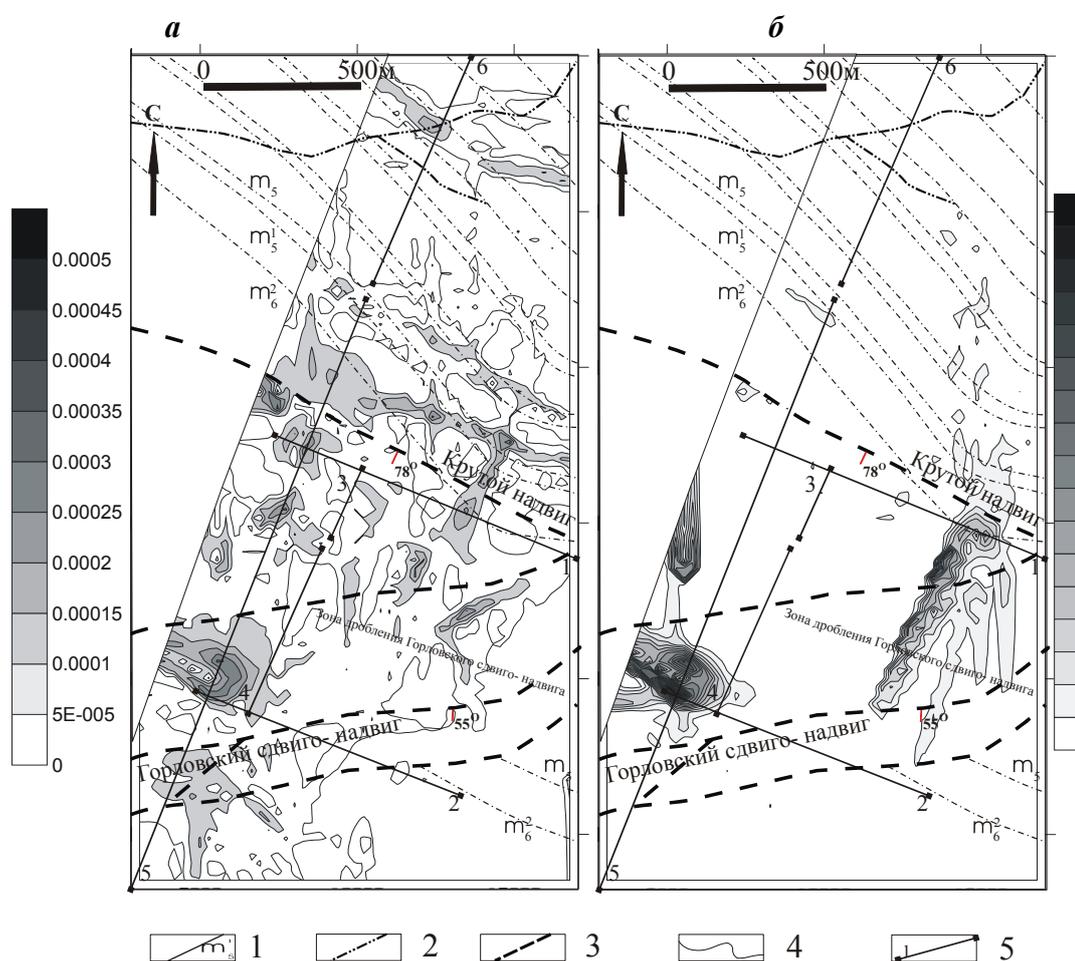


Рис. 3. Совмещенная геологическая карта участка исследований и карта модулей градиентов оседаний земной поверхности на период второй и третьей серии наблюдений: (*a*) с 1997 по 1999 гг.; (*б*) с 1999 по 2001 гг.: 1 — угольные пласты; 2 — тальвег овражно-балочной сети; 3 — тектонические нарушения; 4 — изолинии модулей градиентов оседаний земной поверхности; 5 — профильные линии геодезических наблюдений

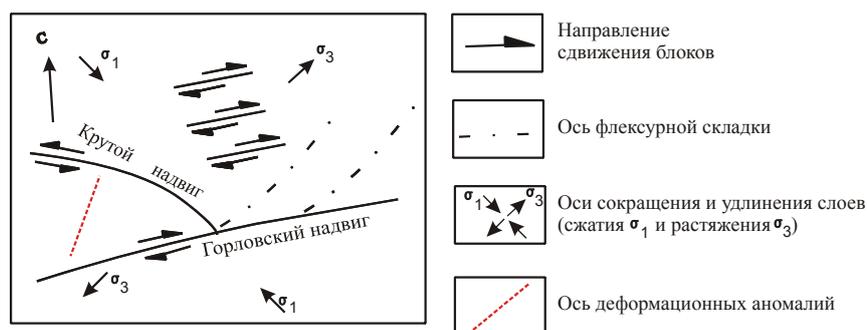


Рис.4. Схема формирования Горловского правого сдвиго-надвига

Анализ полученных результатов и их сопоставление с данным горных и геологоразведочных работ, позволяет констатировать следующие закономерности развития современных деформационных процессов.

В пределах территории исследований для разных серий наблюдений отмечаются пространственно унаследованные зоны деформационных аномалий, которые связаны с уступообразованием на земной поверхности в тектонической системе сместителей правых сдвиго-надвигов — Горловского и Крутого. Региональное тектоническое нарушение, объединяющее систему разрывов с крутыми наклонами сместителей, вызывает пространственное попадание природной ослабленной поверхности в приповерхностную зону сжатия с последующим формированием уступов. По всей видимости, в настоящее время, деформирование земной поверхности в зоне влияния Горловского сдвиго-надвига — вовлечено в режим не только уступообразования, но и сдвиговых деформаций.

Построение карт — модулей градиентов оседаний земной поверхности с целью изучения динамики образования техногенного «рельефа оседаний» позволит в кратчайшие сроки восстановить истинную картину основных тенденций поведения массива горных пород в ходе решения вопросов строительства, природоохранных мероприятий, консервации угольных предприятий, защиты зданий и сооружений на подработанных территориях.

Библиографический список

1. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. — М.: Недра, 1978. — С. 156.
2. Шульмин М.В., Миттельман Е.Я. Мультиквадриковый метод аппроксимации топографической поверхности // Геодезия и картография, 1974 — № 2. — С. 40–52.
3. Боярский Э.Ф., Погорелов А.М. Построение цифровых моделей шахтопластов на основе базы геологических данных // Горный журнал, 1994. — № 11. — С. 11–15.
4. Привалов В.А., Привалова Н.А. Количественный анализ рельефа геолого-физических полей в горно-промышленной геологии // Материалы первых Ершовских чтений, 1990. — С. 63–64.

© Дьяченко Н.А., 2005