

ЗАКРЕВСКИЙ Б.А., ШУРХОВЕЦКИЙ С.А. (УкрНИМИ НАН Украины)

ПРОЯВЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Результаты комплексных геолого-геофизических исследований, выполненных авторами в различных горно-геологических условиях, свидетельствует о том, что в комплексе с бурением разведочных скважин геофизические методы разведки можно применять для изучения неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений в массиве горных пород: сдвигание горных пород и образование уступов земной поверхности при проведении в недрах горных работ; оползневые явления на естественных и искусственных склонах; провальные явления над пустотами естественного и искусственного происхождения и т. д.

Специфические особенности геофизических методов исследований позволяют однозначно зафиксировать любые изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород непосредственно после проведения тех или иных горных работ в недрах территории задолго до начала необратимых деформаций Земной поверхности.

С высокой точностью определяются плановое положение мест образования уступов дневной поверхности, границ мульды сдвижения. Успешно изучается динамика развития провальных явлений поверхности над полостями искусственного и естественного происхождения.

Integrated geologic-geophysical research into different mining-geological conditions has resulted in the following conclusions. Geophysical prospecting together with exploration hole-drilling can be used for research into the unfavorable physico-geological processes and phenomena in rock mass: rock movement and formation of benches at the surface related to underground mining; land slide effects at natural and artificial hills; surface depressions over the natural and artificial cavities etc.

Specific features of geophysical exploration techniques make possible unambiguous recording of any changes in the stress-strain state of rock mass directly after conducting some or other underground mining operations long before the start of the earth's irreversible deformations.

Horizontal location of bench formation at the surface and trough subsidence boundaries can be determined with high precision. Surface depression phenomena over natural and artificial cavities are being successfully studied.

Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности требует совершенствования методов маркшейдерских работ и применяемых приборов. Большие перспективы открываются в маркшейдерском деле перед геофизическими методами. Особенно они эффективны для наблюдения за состоянием пород подработанного массива без непосредственного внедрения в нее, а именно за напряжениями, возникающими в массиве, и за процессом сдвижения и локального обрушения.

Классическим, существующим в настоящее время методом наблюдений за развитием локальных обрушений пород в толще является метод глубинных реперов. Однако он весьма громоздкий, не мобильный и довольно дорогостоящий, так как требует бурения скважин глубиной, соответствующей глубине наблюдений. Результаты таких наблюдений характеризуют процесс, происходящий в точке расположения скважины. Применение для этих целей геофизических методов позволяет довольно просто, оперативно, при небольших затратах времени и средств, с достаточно большой полнотой охарактеризовать процесс сдвижения и локального обрушения пород в толще, а также предупредить внезапность образования воронок на дневной поверхности. Эти методы дают возможность при спокойном рельефе оконтурить в плане подземные пустоты, образовавшиеся в результате подземных разработок. Кроме того, методы электроразведки и некоторые другие позволяют наблюдать за развитием оползневых явлений в толще откосов бортов и уступов карьеров, а также за развитием проранов в теле дамб и плотин гидротехнических сооружений. Все это помогает решать вопросы использования земель в зонах возможного обрушения поверхности от подземных разработок, кроме того, позволяет повысить безопасность работ у откосов карьеров и эксплуатации гидротехнических сооружений. Решение вопроса использования земель в зонах возможного обрушения поверхности в свою очередь обеспечивает получение значительного экономического эффекта и охрану земель.

Следовательно, попытка, изучать процесс сдвижения земной поверхности под воздействием подработки территории, либо на оползнеопасных склонах бурением разведочных скважин более чем проблематична, так как размер возникающих неоднородностей массива горных пород значительно меньше возможного шага опробования. Этого недостатка нет у геофизических методов разведки, при исследованиях которыми возможно применение сколь угодно малого шага опробования и получения таким способом практически непрерывной информации об изучаемом инженерном объекте.

Вопрос сдвижения горных пород один из наиболее сложных и актуальных вопросов в маркшейдерском деле. Его решение — это решение важнейших задач, связанных с рациональным использованием недр и земель. Последние в горной промышленности, а именно при подземной добыче полезных ископаемых, в наибольшей степени отнимаются зонами сдвижения. Своевременный прогноз и упреждение этого явления может существенно сократить экономические потери или вовсе их избежать. Этого невозможно сделать, не имея полной и детальной картины геологических особенностей горного массива, и их влияния на отрицательные явления и процессы при техногенном воздействии на породный массив [1, 2].

Опыт эксплуатации зданий и сооружений, расположенных на подрабатываемых территориях показывает, что при проведении выемочных работ в недрах того или иного участка, дневная поверхность подвергается деформациям, осложненным наличием в геологическом разрезе пликативных и дизъюнктивных тектонических нарушений. Указанные нарушения резко активизируются горными работами, что приводит к образованию уступов на дневной поверхности даже при пологом залегании обрабатываемых угольных пластов. При крутом залегании угольных пластов образование уступов происходит по плоскостям напластования. Положение усугубляется наличием на небольших глубинах старых горных выработок, состояние и положение которых зачастую либо неизвестно, либо известно недостоверно.

Действующие нормативные документы, регламентирующие строительство и эксплуатацию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях, требуют установления и прослеживания зон тектонических нарушений, участков развития повышенной трещиноватости массива горных пород, полостей искусственного и естественного происхождения, детального изучения оползнеопасных склонов и т.д.

Исследование закономерностей деформаций земной поверхности над горными выработками является важнейшей задачей, от решения которой зависит устойчивость зданий и сооружений, расположенных на подрабатываемых территориях. Точная количественная характеристика деформаций земной поверхности может быть получена только на основе периодически повторяющихся высокоточных геодезических наблюдений. Определение мест возможных деформаций земной поверхности до начала их развития с успехом выполняется с помощью комплексных геофизических исследований, прежде всего, методом естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и детального структурного геодинамического картирования методом газо-эманационной съемки (СГДК-ЭС).

Для получения необходимой дополнительной информации о состоянии и геоструктурных особенностях того или иного объекта выполняется комплекс геофизических исследований, включающий:

- вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) для дифференциации геологического разреза по кажущемуся электрическому сопротивлению и выделению на этой основе горизонтальных и слабо наклонных слоев;
- симметричное и комбинированное электропрофилеирование (СЭП и КЭП) для детализации результатов интерпретации ВЭЗ и выделения в геологическом разрезе вертикальных и крутопадающих границ;
- корреляционный метод преломленных волн для определения участков повышенной трещиноватости, дифференциация геологического разреза, выделения горизонтальных и слабо наклонных слоев.
- профильная магнитная съемка (МС) и магнитовариационное профилирование (МВП) для изучения структуры магнитного поля Земли и его вариаций, как отражения физико-геологических процессов и явлений в верхнем слое земной коры [3].

Для уточнения гидрогеологической ситуации в массиве горных пород нами применяются геофизические исследования в наблюдательных, параметрических и контрольных скважинах, как в пределах исследуемого объекта, так и в непосредственной близости от его границ:

расходомерный (РДК) и резистивиметрический (РвК) каротаж, а также комбинированный метод заряженного тела и тяжелой жидкости (МЗТ-ТЖ) [4].

Предпосылкой применения предложенного выше комплекса геофизических методов исследований для решения поставленных задач является возникновение зон напряженно-деформированного состояния массива, горных пород вследствие ведущихся в нем горных работ. Локальное напряженно-деформированное состояние приводит к возникновению в массиве акустических, магнитных, электрических и некоторых других физических явлений, приводящих к резкому увеличению естественного импульсного электромагнитного поля Земли и эманулирующей способности радиогенных газов при кларковых содержаниях в массиве горных пород радиоактивных элементов.

Анализ механизмов развития оползневых процессов и формирования мульды сдвижения на подрабатываемых территориях показывает, что в деформирующемся массиве образуются чередующиеся зоны сжатия и растяжения массива горных пород. Сопоставление материалов выполненного анализа с результатами геофизических исследований показывает приуроченность аномалий преимущественно торонового состава к зонам растяжения, а аномалий с увеличенной долей радона - к зонам сжатия. При этом для выявления мест возможной деформации земной поверхности задолго до начала формирования мульды сдвижения достаточно одноразовых геофизических исследований без долговременных режимных наблюдений. В случае необходимости изучения динамики формирования мульды сдвижения необходимы режимные наблюдения в течение всего периода выемочных работ по тому или иному угольному пласту [5].

При комплексных геолого-геофизических изысканиях в условиях крутопадающих пластов горных пород в квартале 2187 г. Горловки и кварталов 89 и 102 г. Дзержинска удалось протрассировать зоны возможного образования уступов земной поверхности в результате начавшейся отработки угольных пластов. При этом вдоль выходов угольных пластов под рыхлые отложения выявлены характерные однотипные аномалии геофизических полей, ширина которых соответствовала ширине зоны возможного образования уступов земной поверхности.

Впоследствии результаты интерпретации материалов геофизических исследований полностью подтвердились, ни в одном случае деформации земной поверхности не вышли за пределы выявленных с помощью геофизических исследований аномальных зон. Режимные наблюдения в этих случаях не проводились, однако выполнены разовые контрольные исследования по смежным участкам, на которых сдвижение горных пород и образование уступов земной поверхности уже произошли.

В этих случаях зафиксированы сглаженные затухавшие аномалии геофизических полей [5].

В качестве примера одноразовых исследований в условиях пологого залегания горных пород можно привести комплексные геолого-геофизические изыскания на площадках проектируемых микрорайонов «Калининский» в г. Макеевке и «Магистральный» в г. Донецке, где непосредственно перед началом изысканий началась отработка угольных пластов на глубинах 660...870 м.

На границе мульды сдвижения зафиксированы характерные изометричные аномалии геофизических полей, положение которых хорошо согласуется с маркшейдерскими представлениями о горной геомеханике в зоне подработки.

Непосредственно над горными выработками отмечены резко дифференцированные аномалии геофизических полей со значительными изменениями амплитуды. В ряде случаев аномалии геофизических полей были в значительной степени осложнены наличием пустот в старых горных выработках, залегающих на глубинах 45...70 м., что было подтверждено бурением интерпретационных и контрольных скважин.

Примером режимных геофизических исследований могут служить изыскания по улице Раздольной в г. Донецке, где шахтой «9-Капитальная» проводилась отработка угольного пласта на глубине 470 м. непосредственно под двумя жилыми девятиэтажными домами. Геофизические исследования проводились параллельно с маркшейдерскими наблюдениями. Для установления исходного геодинамического состояния массива горных пород и высотного положения объекта совместные исследования были начаты за 3 месяца до начала подготовительных горных работ по системе параллельных профилей. В этот период было детально изучено геоструктурное строение массива горных пород, выявлен ряд разной активности геодинамических зон. Спустя 3 суток после проходки разрезной печи непосредственно над ней произошла существенная перестройка

геофизических полей, была выделена ранее отсутствовавшая четкая аномальная зона, нивелировкой II класса изменения в высотном положении объекта не зафиксированы.

В процессе очистных работ по угольному пласту комплекс геофизических и маркшейдерских наблюдений выполнялся с периодичностью 2 раза в месяц. В этот период наблюдалась постоянная перестройка аномалий геофизических полей, изменялись амплитуда аномалий и их плановое положение, резко возрастала геодинамическая активность массива горных пород, изменения высотного положения объекта не отмечены.

После окончания очистных работ по угольному пласту была произведена одновременная обрезка крепи по всей лаве. Этот период характерен хаотичной перестройкой аномалий, маркшейдерские наблюдения зафиксировали начало вертикальных смещений земной поверхности.

Комплексные исследования продолжались до окончания сдвижения горных пород, показателем чему послужило отсутствие оседания земной поверхности по маркшейдерским наблюдениям в течение 3 месяцев. Характер, положение и амплитуда аномалий геофизических полей в этот период плавно возвратились к исходным показателям, геодинамическая активность массива горных пород в целом снизилась, что объясняется разрушением массива горных пород в процессе развития и стабилизации мульды сдвижения.

В результате грамотно проведенных горных работ при практически непрерывном контроле состояния земной поверхности и подрабатываемого объекта деформации двух жилых девятиэтажных домов были минимальными, в то время как сооружения, расположенные в районе границы мульды сдвижения, подверглись существенным деформациям и потребовали значительных затрат на ремонт.

Практика геолого-геофизических исследований, выполненных на подрабатываемых территориях Донбасса и оползнеопасных участках Донецкой и Запорожской областей, показала хорошее совпадение выделенных по геофизическим данным геодинамических зон с деформациями зданий и сооружений. В качестве примера можно привести старую часть микрорайона «Восточный» в г. Макеевке (рис. 1).

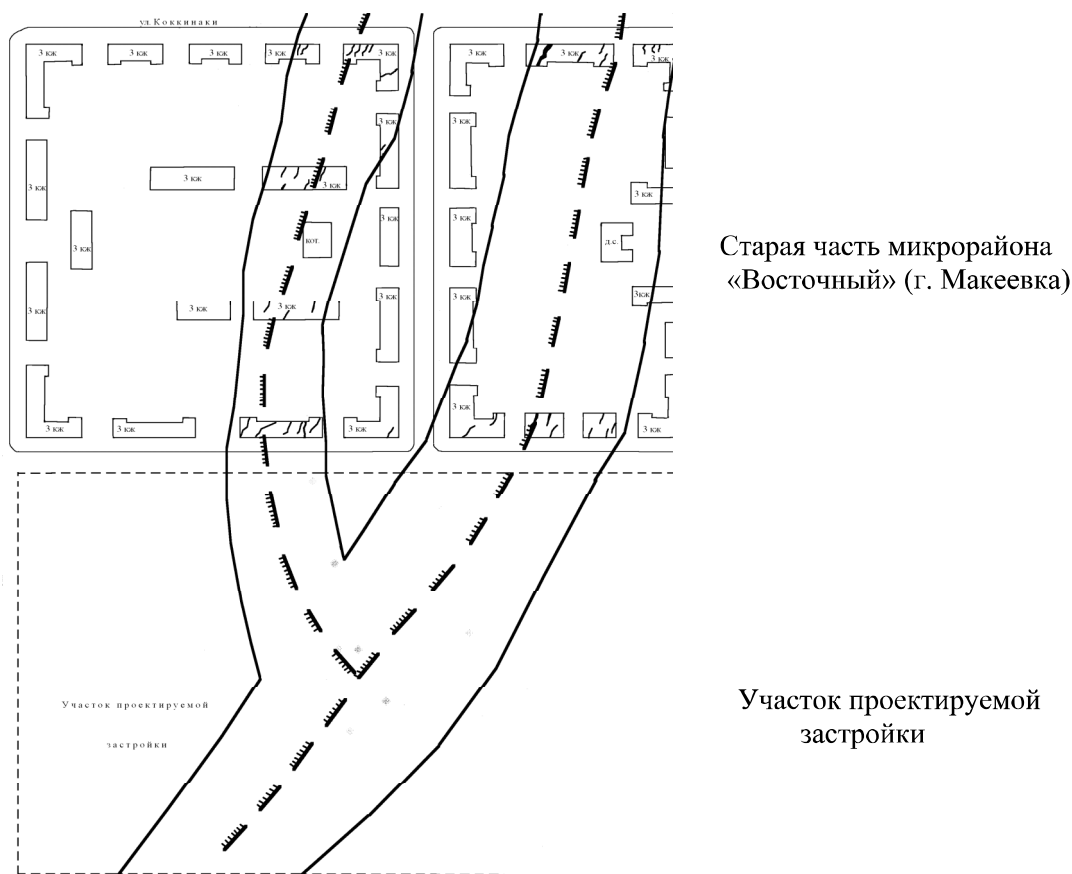


Рисунок 1 – Активные геодинамические зоны (по результатам комплексных геолого-геофизических исследований в старой части микрорайона «Восточный» (г. Макеевка) и на незастроенной территории)

Построенные по результатам комплексных геолого-геофизических исследований активные геодинамические зоны хорошо согласуются с деформациями зданий послевоенной постройки. Максимальные деформации стен отмечены в зданиях, расположенных под углом, близким к прямому по отношению к геоструктурным элементам массива горных пород и пересекающих своими контурами границы влияния геодинамических зон. Ряд зданий, расположенных практически по оси даже наиболее активных зон или под острым углом к ним, существенных деформаций стен и фундаментов не имеют.

При выполнении комплексных геолого-геофизических изысканий на участке проектируемой застройки квартала 1137-1138 в г. Донецке в летний период под новой котельной была выделена геодинамическая зона низкой активности, уходящая под бойлерную и под существующий девятиэтажный жилой дом, расположенный в 375 метрах от котельной.

В осенне-зимний период во время интенсивной работы котельной и возникших в этой связи искусственных динамических нагрузок произошла существенная активизация выделенной геодинамической зоны и, как следствие, перестройка аномалий геофизических полей, амплитуда которых закономерно уменьшалась по мере удаления от котельной. В местах максимального увеличения амплитуды аномалий геофизических полей отмечены значительные деформации стен котельной и бойлерной, вышел из строя котел на газовом топливе, расположенный практически на оси геодинамической зоны, отмечены слабые деформации фундамента упомянутого жилого девятиэтажного дома.

Таким образом, применение комплексных геолого-геофизических исследований в сочетании с разумным объемом бурения интерпретационных и контрольных скважин позволяет получить практически непрерывную информацию о строении и состоянии массива горных пород в сложных горно-геологических условиях подрабатываемых территорий с широким развитием пликтивных и дизъюнктивных тектонических нарушений.

Значительный практический интерес представляет применение комплекса геолого-геофизических методов для исследования состояния гидротехнических сооружений, расположенных как на подрабатываемых территориях, так и за их пределами.

Примером геолого-геофизических изысканий с целью определения физического состояния и картирования путей фильтрации шламовых вод на подрабатываемых территориях могут служить исследования, выполненные на шламонакопителе ЦОФ «Красная Звезда» в Шахтерском районе Донецкой области, хвостохранилище Новокриворожского ГОК в Днепропетровской области и шламонакопителе Макеевского коксохимического завода (рис. 2), вдоль прудов-отстойников законсервированной шахты «Красный Октябрь» и других объектах.

Оба шламонакопителя и пруды-отстойники расположены в устьях довольно глубоких балок, дамбы отсыпаны из местного материала, поверхность их задернована и закреплена многолетними травами. Учитывая, что практически вся балочно-речная система приурочена к разного типа тектоническим нарушениям и как следствие, к активным геодинамическим зонам, такой выбор нельзя считать удачным, что подтверждается анализом аварий на подобных сооружениях и опытом геолого-геофизического изучения причин их возникновения.

В данных случаях комплексными геофизическими исследованиями подтверждено наличие активных геодинамических зон в районе тальвега балок, именно в этих местах установлены места сосредоточенной фильтрации шламовых вод и максимального загрязнения подземных вод и грунтов промышленными стоками [2, 6].

Положение усугубляется тем, что в результате проведения горных работ даже на сравнительно большом удалении от гидротехнических сооружений происходит активизация геодинамических процессов, что может привести к серьезной аварии и возникновению чрезвычайной экологической ситуации

Рассмотрение методологических и физических основ методики комплексных геолого-геофизических исследований на подрабатываемых территориях свидетельствует о том, что в комплексе с разумным объемом бурения разведочных скважин геофизические методы разведки можно успешно применять для изучения неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений, протекающих в массиве горных пород:

- сдвигание горных пород и образование уступов земной поверхности при проведении в недрах горных работ,
- нарушение гидрогеологического режима в результате подработки, оползни на естественных и искусственных склонах,
- загрязнение подземных вод и грунтов промышленными стоками из гидротехнических

сооружений,

- провальные явления над пустотами естественного и искусственного происхождения и т. д.

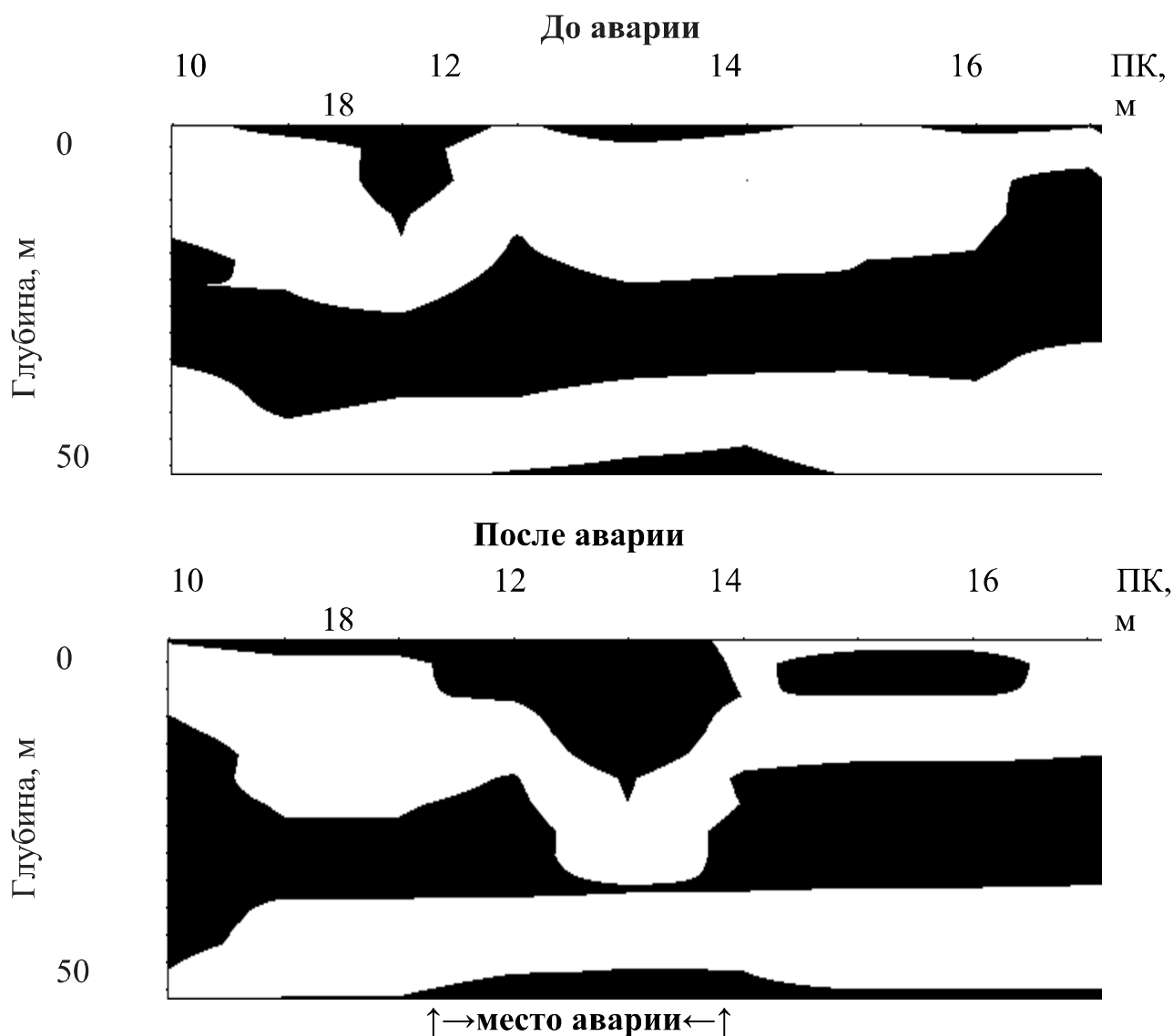


Рисунок 2 – Распределение удельного электрического сопротивления в теле дамбы шламонакопителя Макеевского коксохимического завода

Специфические особенности геофизических методов исследований в варианте мониторинга позволяют однозначно зафиксировать любые изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород непосредственно после проведения тех или иных горных работ в недрах территории.

С высокой точностью определяются плановое положение мест образования уступов дневной поверхности, границ мульды сдвижения. Успешно изучается динамика развития провальных явлений поверхности над полостями искусственного и естественного происхождения.

Кроме этого, предложенным комплексом методов успешно изучается режим подземных вод и предвестники активизации оползневых явлений на оползнеопасных склонах.

Библиографический список:

1. Сазонов В.А., Сосик Д.И. Геофизика в маркшейдерском деле. – М.: Недра, 1989. – 120 с.
2. Туманов В.В., Богак М.Ю., Шурховецкий С.А. Эколого-геофизические исследования подрабатываемых территорий Донбасса (на примере поля шахты «Красный Октябрь») –