

УДК 622.272:550.3

*Е.К.Бабец, к.т.н., с.н.с., профессор, член-корреспондент АГНУ, директор,
В.И.Чепурной, зав. лабораторией, С.И.Ляи, старший научный сотрудник,
С.И.Корниязишк, научный сотрудник,
Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ "КНУ"*

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ПОДРАБОТАННЫХ ПОДЗЕМНЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ

Обоснованы современные возможности и перспективы аппаратного бесконтактного геофизического сопровождения открытой разработки железных руд на месторождениях подработанных подземными горными работами.

Ключевые слова: разработка железных руд открытым и подземным способом, геофизика, геофизические наблюдения, породный массив, электромагнитные, акустические и магнитные поля, магнитоэлектрический эффект, геодинамические процессы, бинарное магнитное поле.

Обґрунтовані сучасні можливості та перспективи апаратурного безконтактного геофізичного супроводу відкритої розробки залізних руд на родовищах підпрацьованих підземними гірничими роботами.

Ключові слова: розробка залізних руд відкритим і підземним способом, геофізика, геофізичні спостереження, породний масив, електромагнітні, акустичні та магнітні поля, магнітоелектричний ефект, геодинамічні процеси, бінарне магнітне поле.

Based on current capabilities and prospects of contactless geophysical hardware support open development of iron ores on the deposits of undermined by underground mining.

Key words: development of iron ore open and underground mining, Geophysics, geophysical observations, rock mass, electromagnetic, acoustic, and magnetic field, magnetolectric effect, geodynamic processes in binary magnetic field.

Актуальность работы. *Отработка залежей железных руд Кривбасса ведется открытым и подземным способами в условиях техногенной нагрузки на геологическую среду, аналогов которой не знает мировая практика.*

В ряде случаев открытая и подземная разработка ведется на одном участке месторождения, что создает определенные трудности, влияет на технико-экономические показатели горнодобывающих предприятий, безопасность ведения горных работ, экологическую ситуацию в регионе.

Комплексное использование открытого и подземного способа разработки позволит более полно использовать разведанные запасы

железных руд, снизить капитальные затраты и инвестиции на развитие производства, улучшить экологическую обстановку в регионе.

Зачастую открытая разработка проводится на участках месторождений подработанных подземными горными работами.

Возможность выемки железных руд открытым способом в зонах влияния подземных горных работ подтверждается опытом украинских и зарубежных горнодобывающих предприятий [1-3].

По мнению Л.И. Барона, открытую разработку в зонах влияния подземных горных работ необходимо считать назревшей задачей для многих месторождений руд черных металлов. Автор утверждает, что есть все основания расценивать эту задачу как важную и новую проблему горной науки [4].

При этом самой главной составляющей этой проблемы является обеспечение безопасности отработки карьером массива горных пород, подработанного подземными горными работами.

Изложение основного материала и результаты. В Криворожском бассейне при отработке подземным способом залежей железных руд образуется выработанное пространство. При этом в массиве горных пород и на земной поверхности происходит развитие процесса деформаций. Наиболее опасными проявлениями последних являются провалы и воронки обрушения земной поверхности [5].

Реальный массив горных пород имеет сложное строение и обладает существенной анизотропией физико-механических свойств. Внутри и на границе структурных элементов массива связи существенно отличаются, что проявляется в ассоциировании (объединении) их в целостный элемент (кластер). Вследствие этого в массиве существует иерархически упорядоченная структура совокупности кластеров, связь между которыми обусловлена не только силами, связывающими элементы внутри кластера, но и силами, действующими на контактах его с другими кластерами. Очевидно, что силы связи между кластерами в ассоциате существенно слабее, чем внутри кластеров, что является необходимым условием устойчивости внутренней структуры ассоциатов, а также возможности перераспределения внешних силовых воздействий (перколяции сил) по структурным связям (взаимодействиям) внутри.

Исходя из изложенной кластерно - перколяционной модели массива горных пород деформирование последнего вокруг выработанного пространства в зонах максимальной концентрации напряжений приводит к образованию сети микро и макротрещин в этих зонах. Эти процессы лежат в основе явления дезинтеграции породного массива в зоне влияния подземных горных работ [6].

Данное положение является чрезвычайно важным при выборе геофизических методов, которые можно эффективно использовать в рамках геофизического изучения структуры и состояния массива горных пород подработанного подземных горных работ [7-9].

Для изучения процессов изменения структуры и состояния названного массива горных пород при использовании разработанной в НИГРИ ГВУЗ «КНУ» методики и мобильных технических средств удалось, в рамках натуральных исследований, реализовать идею применения геофизических методов ЕИЭМПЗ и РАП для наблюдения и оценки состояния породного массива подработанного подземными горными работами. Используемая методика и технические средства относятся к геофизическим методам неразрушающего контроля.

Методологической основой применения метода ЕИЭМПЗ для оценки деформационного состояния горного массива служит существование связи между процессом механического (пластично-хрупкого) разрушения горных пород и возникновением при этом импульсов электромагнитного излучения.

По повышенным значениям ЕИЭМПЗ выделяются зоны сжимающих напряжений, а по пониженным - зоны растяжения и трещиноватости. Относительная величина аномалии позволяет качественно судить об интенсивности проявления сжатия или растяжения природно-техногенной среды.

Основным графическим материалом, представленным в результате полевых работ, являются карты эквипотенциальных линий и графики величин значений параметров ЕИЭМПЗ. Аномальные зоны выделяются в результате анализа карт и графиков измеренных компонентов поля. Реальной считается аномалия, интенсивность которой больше трехкратной величины средней квадратичной погрешности съемки (для амплитуд и количества импульсов). Аномальные зоны меньшей интенсивности заслуживают внимания лишь в том случае, когда они подтверждаются повторными съемками.

Участки со своеобразной геофизической характеристикой отличаются специфическим геологическим строением. Зоны, в которых возможны образования воронок, имеют напряженное состояние по замкнутому контуру (круг, овал и т.д.), так называемый краевой эффект. Поэтому можно сделать вывод о целесообразности применения рассматриваемого метода для определения возможных опасных участков массива горных пород в зоне влияния подземных горных работ.

Метод РАП используется для получения информации о естественном акустическом поле Земли, а именно - поле акустического резонанса, возникающее в толще горных пород под влиянием различных внешних факторов. Внешними факторами являются источники сейсмической

активности земной коры, механические колебания, возникающие в результате напряжений земной толщи, движения планет и многое другое. Под влиянием вышеперечисленных внешних факторов в слоистой толще возникают поперечные упругие колебания.

Поперечные упругие волны возникают только в телах, в которых возможны упругие деформации сдвига. Существование поперечных поверхностных волн является следствием взаимодействия продольных и (или) поперечных упругих волн при отражении этих волн от плоской границы между различными средами. Границей между средами могут быть поверхности ослабленного механического контакта между средами, обусловленные:

- резкой сменой пород изучаемого разреза;
- прослоями различного генезиса (углистыми, глинистыми и т.п.);
- перерывами в осадконакоплении;
- интрузивными и экструзивными контактами;
- тектоническими нарушениями;
- подземными пустотами.

Чем слабее контакты - тем больше возможность взаимного перемещения соседних слоев, и, следовательно - больше амплитуда возникающих собственных колебаний.

В результате, поверхностные волны локализуют энергию возмущений, созданных на поверхности, в сравнительно узком слое. Именно это свойство поверхностных волн приводит к резонансным явлениям. В случае «граница твердого тела и жидкости» возникает незатухающая поверхностная волна, что характеризуется повышением амплитуды колебаний. Возможно искусственное усиление амплитуды принимаемых собственных колебаний (приведение акустического датчика в состояние резонанса) путем механического его возбуждения, при этом мощность источника возбуждения не имеет особого значения.

При возбуждении (ударе в непосредственной близости от датчика) в датчике наводятся акустические колебания широкой полосы частот, которые, при совпадении с частотами собственных акустических колебаний подповерхностных объектов, вызывают усиление их амплитуды. Частота колебаний обратно пропорциональна мощности колеблющегося «слоя». Под «слоем» понимается толща горных пород, находящаяся между поверхностью наблюдений и поверхностью «ослабленного механического контакта» (ОМК).

Натуральные исследования на основе применения методов ЕИЭМПЗ и РАП проводились на восточном борту карьера №1 ПАО «ЦГОК», который находится в зоне влияния подземных горных работ шахт «Октябрьская», «Большевик», «Фрунзе».

Проведенные геофизические наблюдения показали, что внутри и на границах структурных элементов массива над отработанной железорудной залежью силы связи существенно отличаются. Применяя метод синергетического подхода к вопросу деформирования горных пород, следует исходить из того, что они должны рассматриваться как открытые, сильнонеравновесные в локальных зонах концентрации напряжений системы, в которых протекают неравновесные локальные структурные преобразования. Последние развиваются на разных масштабных уровнях и отличаются по характеру, энергии, протяженности в объеме, скорости протекания.

Полученные результаты геофизических исследований мониторинга массивов горных пород методами ЕИЭМПЗ и РАП позволяют сделать вывод, что наблюдаемые массивы представляют многогранговую иерархическую структуру. Это проявляется в том, что в структурах элементов массивов горных пород существуют связи, обусловленные не только связывающими элементами структуры внутри определенной зоны дезинтеграции, но и с силами действующих на контактах с другими зонами дезинтеграции.

В исследуемых массивах зоны дезинтеграции разделены по глубине тектоническими нарушениями. Исключение представляет верхняя зона дезинтеграции массивов. Данная зона дезинтеграции находится ближе к поверхности и на развитие микротрещин и расслоений в ней существенно влияют подземные воды.

До проведения НИГРИ ГВУЗ «КНУ» системных наблюдений методами ЕИЭМПЗ и РАП и оценки состояния породного массива на месторождениях подработанных подземными горными работами предполагалось, что данный массив горных пород квазиоднороден и развитие процесса его дезинтеграции будет проходить монотонно стабильно. Проводимые наблюдения и анализ полученных результатов показали, что процессы дезинтеграции происходят локально как в верхней части массива, так и в нижележащих зонах.

Данные положения позволили уточнить применительно к структурно и текстурно сложным породным массивам на месторождениях подработанных подземными горными работами критерии опасности для оценки безопасной эксплуатации объектов, находящихся в зоне подработки подземным и горными работами.

Выполненные исследования показали, что комплексная система наблюдения методами ЕИЭМПЗ и РАП является эффективной и информативной применительно к изучению строения и оценки состояния породного массива при открытой разработке железных руд на месторождениях подработанных подземными горными работами.

Использование настоящей системы в рамках обеспечения безопасности эксплуатации различных объектов открытой разработки позволяет, применительно к исследуемому породному массиву, экспресно решать следующие инженерно - геомеханические задачи:

- изучать с земной поверхности по возмущению природного электромагнитного и акустического поля характер распределения напряженного состояния массивов горных пород, вызванного как природными, так и техногенными факторами;
- оперативно осуществлять прогнозирование природных и техногенных геодинамических явлений;
- определять с земной поверхности динамику или режим необратимых деформаций в породном массиве;
- качественно и количественно оценивать уровень геотехнологической безопасности породного массива относительно объектов, попадающих в зону риска, обусловленного наличием выработанного пространства представленного отработанным подземным способом железорудными залежами.

При повышенной внешней нагрузке определенных участков сплошной среды, а это как осадочные, так и кристаллические горные породы, формируется дисбаланс магнитного поля внутренней структуры горных пород.

В результате развития дисбаланса магнитного поля, в отдельных, наиболее уязвимых в дестабилизационном отношении участках горных пород, происходит их "возбуждение", а также образуются центры постоянного излучения нелинейных магнитных волн.

Динамика дискретной магнитной нелинейности происходит не в вакууме, а в непрерывном статическом магнитном поле, которое оказывает определенное сопротивление интрузии магнитной нелинейности. Движение интрузивной нелинейности имеет конкретную длину, которая зависит как от начальной мощности интрузивной нелинейности, так и от энергии внешнего статического магнитного поля.

Кристаллические горные породы - вещества, обладающие одновременно и магнитным, и электрическим упорядочением. Взаимосвязь магнитных, электрических и упругих свойств таких пород приводит к тому, что в них возможны перспективные эффекты, связывающие между собой магнитные и электрические, характеристики материала. При приложении к такой структуре внешнего электрического поля происходит изменение намагнитченности, и, наоборот, при приложении внешнего магнитного поля происходит изменение поляризации. Этот эффект, называемый магнитоэлектрическим (МЭ), интересен тем, что позволяет создавать принципиально новые приборы твердотельной электроники. Величина МЭ-

эффекта в монокристаллических породах довольно мала, что значительно сдерживает их практическое применение. В породах, представляющих собой механически связанные магнитострикционные и пьезоэлектрические компоненты, величина МЭ-эффекта значительно больше. Это позволяет создание приборов на основе МЭ-эффекта, например таких, как датчики магнитного поля, с чувствительностью, значительно превышающей чувствительность датчиков Холла. Механизм возникновения МЭ-эффекта обусловлен связью магнитострикции и пьезоэлектричества. В переменном магнитном поле вследствие магнитострикции возникают механические напряжения, которые передаются в пьезоэлектрическую фазу, где вследствие пьезоэффекта происходит изменение поляризации, что приводит к возникновению электрического напряжения. Поскольку пьезоэлектричество является линейной функцией напряженности электрического поля, а магнитострикция – нелинейной функцией намагниченности, в общем случае возникают как линейные, так и нелинейные МЭ-эффекты. Во многих работах исследовался линейный МЭ-эффект, заключающийся в возникновении электрического напряжения, например, в конденсаторе, диэлектриком которого является магнитострикционно-пьезоэлектрический материал, при помещении его в постоянное (подмагничивающее) и переменное магнитные поля. Частотная зависимость эффекта имеет резонансный характер, и на частоте антирезонанса наблюдается пиковое увеличение МЭ-коэффициента. Величина эффекта зависит от постоянного магнитного поля, и на так называемой полевой зависимости имеется ярко выраженный максимум. В области слабых полей величина эффекта пропорциональна величине поля подмагничивания. Это связано с тем, что в области, далекой от насыщения, магнитострикция является квадратичной функцией намагниченности, поэтому при наличии поля подмагничивания величина МЭ-эффекта пропорциональна произведению напряженностей постоянного и переменного магнитного полей, т.е. наблюдается линейный по переменному магнитному полю МЭ-эффект. Однако наряду с линейным эффектом возникает и нелинейный МЭ-эффект, величина которого пропорциональна квадрату переменного магнитного поля. При больших полях подмагничивания его величина много меньше линейного, и его вкладом в результирующий сигнал можно пренебречь. Однако в области слабых полей его величина может быть соизмерима или больше величины линейного эффекта. Этот факт следует учитывать при разработке магнитоэлектрических датчиков магнитного поля, предназначенных для измерения слабых полей [10, 11].

Рациональный подход к решению с использованием МЭ-эффекта проблем своевременного предупреждения разрушений выявленных внешними геофизическим наблюдениями участков поверхностных породных массивов позволяет эффективно мониторить развитие во времени

деструктивной энергии безвозвратной деформации конкретных участков потенциального сдвижения поверхностных породных массивов, что обеспечивает своевременное предупреждение времени их разрушения в районах производства открытых горных работ на железорудных месторождениях подработанных подземными горными работами.

В последние несколько десятилетий на территориях интенсивной добычи полезных ископаемых как подземным, так и открытым способами, геофизическими наблюдениями обнаружены многочисленные очаги постоянного излучения динамических магнитных сигналов.

Установлено, что генезис очагов такого излучения состоит в антропогенном вмешательстве в состояние геологически устойчивого давления комплекса горных пород при сопутствующих гидрогеологических условиях, особенностях рельефа местности и существенных техногенных нагрузках в локальном гравитационном поле.

Со временем массивы горных пород в окрестностях излучения динамического магнитного поля, превращаются в объекты потенциальной необратимой деформации с непредсказуемыми последствиями.

В связи со сказанным, возникает задача перехода от непосредственных геофизических наблюдений к теоретическому обобщению обнаруженного физического явления, и первым вопросом поставленной задачи является выяснение особенности, которая существенно подчеркивает ее отличие от других задач мониторинговой геофизики.

Такой особенностью является интрузия динамического дискретного магнитного поля в статическое непрерывное магнитное поле Земли, нормальное или аномальное. То есть подлежит анализу бинарное магнитное поле, а так как бинарное магнитное поле все еще остается вне поля зрения геофизики, попытка теоретического обобщения такого природного феномена является вполне понятной.

Также понятным является введение некоторых крайне необходимых констант как пример идентификации бинарного магнитного поля, и других определяющих его характеристик, и, как инициативную компоненту, в первую очередь рассмотрим динамическую составляющую бинарного магнитного поля.

Существенное возмущение магнитного поля вызывает излучение в атмосферу множество дискретных магнитных отдельностей, которые имеют естественную структуру [12, 13]. Для краткости, сочетание магнитная отдельность, как характеристику каждого излучаемого магнитного сигнала, целесообразно определить как магнокр (magnocr).

Далее, в связи с полной индивидуальностью магнокров, их множество в замкнутом пространстве можно считать точно интерпретирующей системой, в которой энергия всей системы равна сумме

энергий всех отдельных магнокров, а в таком случае свойство такой системы определяется свойствами идеального газа магнокров [13].

В нашем случае область динамики идеального газа магнокров является полусфера радиуса где $2l$ длина пробега каждого магнокра в определенном направлении на поверхности наблюдений, а $R_N \ll 1$ является номинальным радиусом очага излучения магнитной нелинейности, а так как $R_N \ll 1$, то с точностью до бесконечно малых высшего порядка малости можно считать, что область динамики идеального газа магнокров является полусфера радиуса $2l$, разрез которой на вертикальной плоскости xOy показан на рис.1.

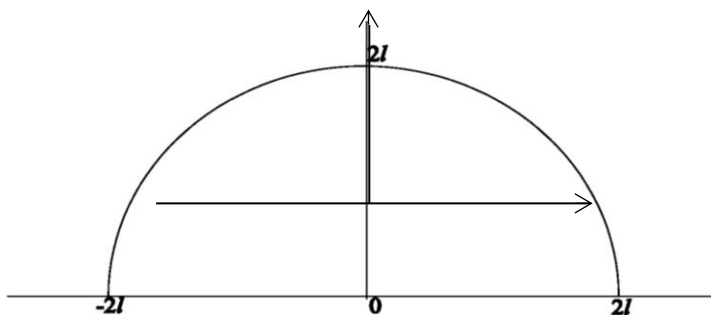


Рис. 1 Область динамики идеального газа магнокров

Как известно, количественно магнитное поле любого генезиса определяется его напряженностью H . За единицу напряженности принимается напряженность магнитного поля в вакууме при индукции в один гаусс, эта единица называется эрстед (Э), однако для измерения магнитного поля Земли применяется напряженность магнитного поля гамма (γ), которая равняется 10^3 [12,14], следовательно, нашему случаю отвечает напряженность магнитного поля гамма.

Динамическая составляющая бинарного магнитного поля, как непрерывное излучение дискретного поля магнокров, на поверхности наблюдений фиксируется магнитограммой как некоторый ряд определенного волнообразного процесса (рис. 2). Каждый элемент волнообразия является отдельным магнокром и при основании имеет дефект непрерывности, который (рис.2) обозначен как (x) . При этом огибающая кривая дискретного множества магнокров на отрезке АВ некоторого профиля наблюдений является искомой функцией времени и пространства $H(t)$ бинарного магнитного поля [15-23].

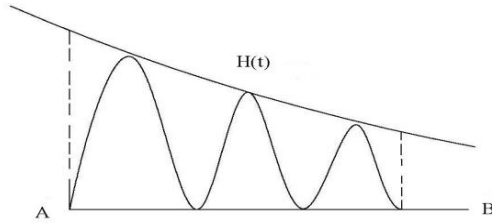


Рис. 2 Магнитограмма динамической составляющей бинарного магнитного поля

Одиночный магнокр, как физическая категория, является макрообразованием и имеет собственную энергию. Следовательно, существует некоторый квант энергии магнитного поля, при которой образуется магнокр, при меньшей энергии возмущения магнокр не образуется и такой квант обеспечивает квантовую же напряженность магнитного поля вне самого магнокра.

Квант энергии магнитного поля, который обеспечивает образование магнокра и квантовую напряженность магнитного поля, определим как магнокрон (magncron) и обозначим его буквой английского алфавита J (джей). Размерность $J = \text{const}$, исходя из вышесказанного, джоуль на эрстед (Дж/Э), или же джоуль на гамму (Дж/ γ). Таким образом, уравнение баланса динамической составляющей бинарного магнитного поля приобретает вид

$$P_m V(t) = JH(t) \quad (1)$$

где P_m – давление идеального газа магнокров,

$V(t)$ – объем идеального газа магнокров, например, на отрезке АВ профиля наблюдений.

Магнитное поле Земли является силовым полем, а следовательно обладает массой силовой способности.

Как было отмечено, динамическая составляющая бинарного магнитного поля осуществляет интрузию в статистическое магнитное, то есть, является активной составляющей, поэтому массу ее силовой способности обозначим как m_A .

Статистическая составляющая бинарного магнитного поля сдерживает интрузию его динамической составляющей, то есть, является реактивной составляющей, и массу ее силовой способности обозначим как m_g .

И вполне ожидаемо, следуя строению схем взаимодействия подобных силовых структур, силу вытеснения динамическим магнитным

полем статистического магнитного поля в пространстве взаимодействия определим равенством

$$F = \frac{m_A m_g}{\gamma^2} M \tag{2}$$

где γ – является расстоянием между геометрическими центрами ограниченных объемов $V_A(t)$ и $V_R(t)$, а коэффициент M является магнетической постоянной размерность которой $(м/кг^2)^2 H$, т.е. метр на килограмм в квадрате, умноженные на Ньютон.

Равенство (2) является силовой характеристикой взаимодействия составляющих бинарного магнитного поля происходит в половине полупространства при $-l \leq f(t) \leq l$ при этом ось абсцисс символизирует профиль на поверхности наблюдений (рис.3) где линия (1) является горизонтом взаимодействия составляющих бинарного магнитного поля.

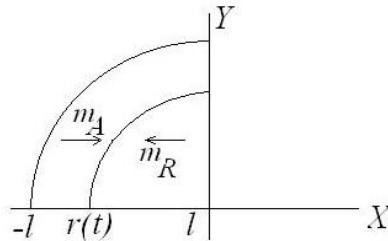


Рис. 3 Схема взаимодействия составляющих бинарного магнитного поля

В качестве заключения приведем очень содержательный факт. Функция скорости горизонта взаимодействия, согласно приведенным выкладкам, равна

$$\frac{dr}{dt} = \frac{\sqrt{2mA, R^M}}{ch^2 \left(\frac{t}{l} \sqrt{\frac{2mA, R^M}{l}} \right)} \tag{3}$$

а, обобщенно, скорость горизонта взаимодействия является скоростью активной или реактивной масс бинарного магнитного поля. Отсюда получаем, что в любой момент времени процесса, кинетическая энергия этих

масс равна $\frac{1}{2} m_{A,R} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2$, и при $t=0$

$$\frac{1}{2} m_{A,R} \left(\frac{dr}{dt} \right)_{t=0}^2 = \frac{m_{A,R}^2}{l}, \quad (4)$$

а так как скорость является непрерывной функцией процесса, то кинетическая энергия масс $m_{A,R}$ всегда равны потенциальной энергии, которая затрачивается на перенос этих масс $m_{A,R}$ по определенной дистанции $r(t)$, что подтверждает актуальность приведенной математической модели динамики составляющих бинарного магнитного поля, а также возможность ее применения для повышения эффективности геофизического мониторинга процесса формирования очагов потенциальной необратимой деформации породного массива при открытой разработке залежей железных руд подработанных подземными горными работами.

Выводы

1. В настоящее время отработка железных руд Кривбасса ведется в условиях как совместных открытых и подземных горных работ, так и в условиях отработки открытым способом залежей подработанных подземными горными работами.

2. Процесс сдвижения подработанных шахтами толщ не завершен - фронты работ карьеров наступают на зоны еще не вышедших на контуры карьеров воронок, террас и трещин, мульды сдвижения; продолжают развиваться.

3. Открытые горные работы ведутся в зоне влияния подземных, подземные горные работы ведутся в зоне влияния открытых.

4. Выполненные исследования показали, что система наблюдения методами ЕИМПЗ и РАП является эффективной и информативной применительно к изучению строения и оценки состояния породного массива при открытой разработке залежей железных руд подработанных подземными горными работами.

5. Использование настоящей системы позволяет, применительно к исследуемому породному массиву, решать следующие инженерно - геомеханические задачи:

- изучать с земной поверхности по возмущению природного электромагнитного и акустического поля характер распределения напряженного состояния массивов горных пород, вызванного как природными, так и техногенными факторами;

- осуществлять прогнозирование природных и техногенных геодинамических явлений;

- определять с земной поверхности динамику деформаций в породном массиве;

6. В промышленных регионах Украины, странах ближнего и дальнего зарубежья, где на протяжении многих десятилетий проводятся интенсивные горные работы, происходит существенное антропогенное нарушение природного геологического установившегося геостатического давления в породах как осадочного чехла, так и кристаллического фундамента.

7. Антропогенное влияние на окружающую среду не может оставаться без последствий, в том числе и отрицательных, включая как ландшафтные, так и особенно социальные безвозвратные потери.

8. На антропогенное нарушение геологической среды общество реагирует с большим запозданием, когда не реагировать становится совсем невозможным как для органов власти, так и существующих научно-технических структур.

9. Вопросам научного анализа процесса накопления деструктивной энергии безвозвратной деформации локальных участков потенциальных нарушений породного осадочного чехла и кристаллического фундамента породного массива определенных участков и территорий Кривбасса уделяют внимание как НИГРИ ГВУЗ «КНУ», так и другие научно-технические организации Украины.

10. Существующий эмпирический уровень, знаний относительно генезиса и развития во времени очагов потенциального сдвижения осадочного чехла и кристаллического фундамента породного массива существенно тормозит как состояние развития геофизических методов наблюдений динамики состояния вышеупомянутых объектов, так и, особенно, прогнозирование процессов потенциального сдвижения.

11. Применяемые в настоящее время методы исследований геодинамического состояния породного массива во многом имеют эмпирическую основу, что ограничивает масштабы их использования.

12. НИГРИ ГВУЗ «КНУ» обоснована возможность применения магнитоэлектрического эффекта для аппаратурного обеспечения геофизической информационной системы предупреждения и мониторинга невозвратной деформации дневной поверхности в районах масштабного производства горных работ как подземным, так и открытым способами.

13. В последние несколько десятилетий на территориях интенсивной добычи полезных ископаемых как подземным, так и открытым способам и геофизическими наблюдениями обнаружены многочисленные очаги постоянного излучения динамических магнитных сигналов.

14. Генезис очагов такого излучения состоит в антропогенном вмешательстве в состояние геологически устойчивого давления определенного комплекса горных пород при сопутствующих

гидрогеологических условиях, особенностях рельефа местности и существенных техногенных нагрузках в локальном гравитационном поле.

15. Массивы горных пород в окрестностях излучения динамического магнитного поля превращаются в объекты потенциальной необратимой деформации с непредсказуемыми последствиями.

16. Задача перехода от непосредственных геофизических наблюдений к теоретическому обобщению обнаруженного физического явления с определением его математического описания является актуальным направлением современной геофизики и геоинформатики.

17. Разработанные НИГРИ ГВУЗ «КНУ» основные положения математической модели динамики составляющих бинарного магнитного поля, позволяют повысить эффективность геофизического мониторинга процесса формирования очагов потенциальной необратимой деформации значительных массивов горных пород при открытой разработке залежей железных руд подработанных подземными горными работами.

Список использованных источников

1. Полищук А.К. Открытая повторная разработка железорудных месторождений /А.К. Полищук. – К.:Вища школа, 1978. – 192 с.

2. Ботанцев И.В. Технологические аспекты повторной разработки крутопадающих месторождений открытым способом //Сб. научн. трудов ИППЭ «Экология и природопользование». – Днепропетровск, 2008. – Выпуск 11. – С.26-30.

3. Шапарь А.Г., Ботанцев И.В., Романенко В.И. Повторная разработка природно-богатых потерянных и разубоженных руд в Кривбассе открытым способом //Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: – МГТУ, 2008. –№2. – С.239-244.

4. Барон Л.И. О повторной разработке рудных месторождений /Научные сообщения, вып. VII. – М.: Гостехиздат, 1961. – 30 с.

5. Кузнецов И.А., Акимов А.Г., Кузьмин В.И. и др. Сдвигение горных пород и земной поверхности на рудных месторождениях. М: Недра, – 1971. – 224с.

6. Коган И.Ш. Самоорганизация горной породы вокруг неоднородностей. Издательство ЮжКаз ЦНТИ, 1985г.

7. Бахов И.И. Явление электризации горных пород при механическом нагружении. Институт геофизики НАН Украины. – Киев, Украина, 2006г.

8. Довбнич М.М., Белых И.С., Кузина Г.И., Стовас Г.С. Некоторые аспекты применения метода наблюдения естественного импульсного электромагнитного поля земли (ЕИЭМПЗ) для решения геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических задач. ДО УкрГГРИ – г.Днепропетровск, Украина, 2006г.

9. Туманов В.В., Компанец А.И., Сухина Е.В., Савченко А.В. Исследование аномальных зон подработанного массива горных пород комплексом наземных геофизических методов. //Научные труды УкрНИИМИ НАНУ, №3, 2008 – С. 61-79.

10. Веневцев Ю.Н., Гагулин В.В., Любимов В.И. Сегнетомагнетики. – М.:Наука, 1982.-224 с.

11. Белов К.Л. Магнитострикционные явления и их технические приложения. – М.: Наука, 1987. – 160 с.

12. Словник іншомовних слів. За редакцією члена-кореспондента АН УРСР О.С. Мельничука. – Головна редакція АН УРСР. – Київ, 1974. – 776 с.

13. Баръехтар. Магнетизм, что это? – Киев: Наукова думка, 1981. – 208 с.

14. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. – М.: Наука, 1977. – 336 с.

15. Филиппов А.Т. Многоликий солитон. – М.: Наука, 1990. – 288 с.

16. Абловиц М., Сигур Х. Солитоны и метод обратной задачи. – М.: Мир, 1987. – 480 с.

17. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х. Солитоны и нелинейные волновые уравнения. – М.: Мир, 1988. – 696 с.

18. Захаров В.Е., Манаков С.В., Новиков С.П., Питаевский Л.П. Теория солитонов: Метод обратной задачи. - М.: Наука. 1980. – 320 с.

19. Инфельд Э., Роуланде Дж. Нелинейные волны, солитоны и хаос. – М.: Физматлит, 2006. – 480 с.

20. Лем Дж.Л. Введение в теорию солитонов. – М.: Мир, 1983. – 294 с.

21. Ньюэлл А. Солитоны в математике и физике. – М.:Мир, 1989. – 328 с.

22. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные методы решения задач газовой динамики. М.: ИЖ85. 2004. – 424 с.

23. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 1977. – 624 с.

Рукопись поступила 18.04.2016 г.