

УДК 551.837.2:551.243.1

Геофизическая идентификация водопроницаемости геодинамических зон угленосной толщи в связи с ликвидацией шахт

Заборин М. С.^{1*}, Иванов Л. А.², Савченко А. В.², Хромов А. Н.¹

¹ ДонНТУ, Донецк, Украина

² УкрНИМИ НАН Украины, Донецк, Украина.

Поступила в редакцию 22.09.10, принята к печати 29.10.10.

Аннотация

Приведены результаты одного из этапов исследований влияния геодинамических зон на формирование геолого-экологической обстановки при ликвидации угольных шахт. Геофизическими методами ЕИЭМПЗ, СГДК-А установлена водопроницаемость изучаемых тектонических структур, что позволяет выделить участки с первоочередным проявлением процессов подтопления и заболачивания в пределах полей ликвидированных шахт Брянковской группы (Луганская область).

Ключевые слова: ликвидация шахт, угленосная толща, геодинамические зоны, водопроницаемость, геофизические методы ЕИЭМПЗ, СГДК-А, подтопление и заболачивание.

Достоверная оценка геолого-экологических последствий ликвидации угольных шахт по-прежнему является актуальной задачей. К одной из важнейших проблем относится прогнозирование процессов подтопления и заболачивания, обусловленных восстановлением естественных уровней подземных вод (УПВ). Как показывает практика, эффективность подходов, применяемых в настоящее время для решения данных вопросов, недостаточна. Вследствие этого в пределах полей ликвидированных шахт сложилась напряженная геолого-экологическая обстановка.

Решение указанных проблем, по нашему мнению, невозможно без применения геодинамической концепции. Согласно концепции вся земная кора повсеместно разбита на блоки различных размеров и тектонической активности. Границами между блоками земной коры являются геодинамические зоны (ГДЗ), представленные различными разрывными структурами [1,2]. В зависимости от природы возникновения, и сил определяющих их современную активность, ГДЗ могут характеризоваться как закрытой, так и открытой трещиноватостью и соответственно выполнять роль водоупора или водоносного горизонта с повышенной фильтрацией природных и техногенных вод [3,4]. В условиях восстановления естественных уровней подземных вод (УПВ) после остановки водоотлива ГДЗ могут служить первоочередными путями миграции подземных вод и, следовательно, предопределять места развития процессов подтопления и заболачивания [5]. Очевидно, что на поведение УПВ, скорость водоподъема на различных участках шахтного поля, будут оказывать влияние количество ГДЗ, их природа, а также их мощность, протяженность в плане и на глубину.

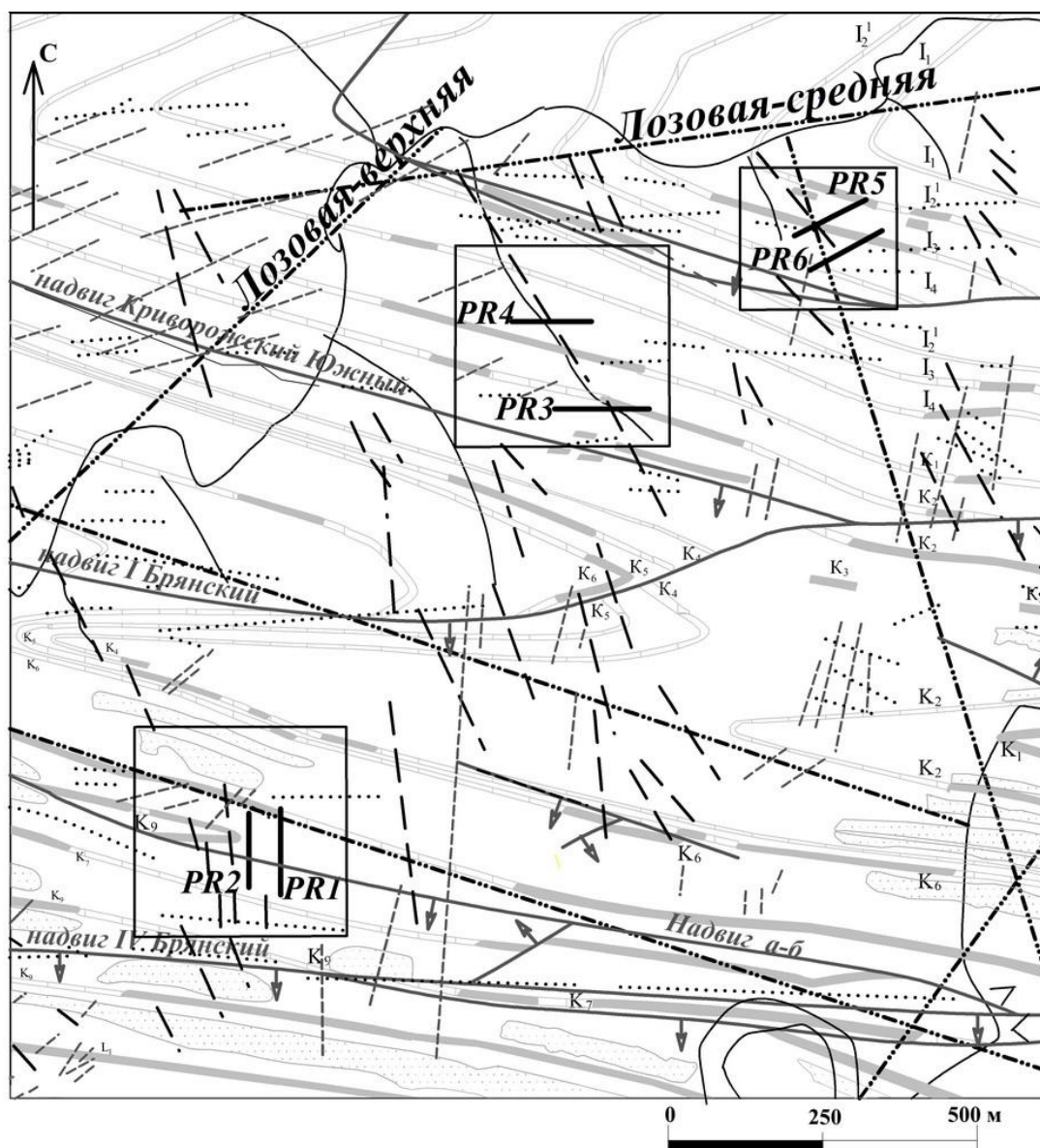
В пределах полей шахт Брянковской группы (Луганская область) выполнены исследования по изучению геодинамического строения, определению водопроницаемости ГДЗ и оценке их возможного влияния на развитие процессов подтопления и заболачивания.

Участок исследований характеризуется складчатым залеганием толщи с углами падения до 50°. В геологическом разрезе преобладают песчано-глинистые породы с подчиненным значением пластов известняков и углей среднего карбона. Степень метаморфизма каменных углей (Ж, К)

* Для переписки: meshkaz@rambler.ru

указывает на общее отсутствие гранулярных коллекторов и развитие коллекторов трещинного типа. Простирание пород угленосной толщи, а также разрывных нарушений, представленных надвигами, субширотное.

Путем дешифрирования космических снимков получены дополнительные сведения о тектоническом строении горного массива, в том числе и о закономерностях распространения планетарной трещиноватости (рис. 1) [6, 7].



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

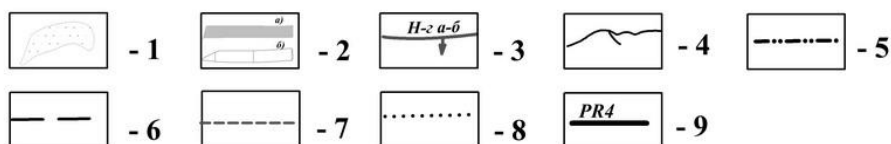


Рис. 1. Зонально-блочное строение участка исследований по данным дешифрирования космических снимков масштаба 1:5000 и расположение геофизических профилей:

- 1 – песчаник; 2 – известняк: а – закартированный; б – построенный; 3 – разрывные нарушения; 4 – гидрографическая сеть; 5 – линеаменты первого порядка; 6 – проницаемые разломы; 7 – «полупроницаемые» разломы; 8 – непроницаемые разломы; 9 – геофизические профили.

На водопроницаемость и степень активности выделенных разрывов, сформировавшихся в герцинскую и киммерийскую тектонические эпохи, на современном этапе оказывают влияние тектонические силы, связанные с альпийским циклом орогенеза [8]. Указанные параметры предварительно оценивались путем реконструкции полей тектонических деформаций и напряжений альпийского цикла [8]. Результаты исследований, основанные на данных обработки массовых замеров трещиноватости, позволили установить, что наиболее активными являются ГДЗ субширотной (СШ), субмеридиональной (СМ), а также диагональной – северо-восточной (СВ) 45° ориентировок [8].

Наиболее проницаемыми являются структуры северо-западного (СЗ) 340° простирания, а также разрывы, сопряженные с крупными разломами и являющиеся отрывками [8]. Выделенные структуры СВ $10-45^\circ$, $60-75^\circ$, $310-320^\circ$ относятся к «полупроницаемым», СШ и СЗ $310-320^\circ$ – к малопроницаемым [8].

ГДЗ проницаемого и непроницаемого типов изучались полевыми геофизическими методами естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и структурно-геодинамического картирования (азимутальный) – СГДК-А (см. рис.1). Данные методы на различной физической основе отражают изменение современных напряжений горного массива. Метод ЕИЭМПЗ основан на регистрации естественной импульсной электромагнитной эмиссии, зависящей от деформаций пород, возникающих под действием полей напряжений. Позволяет оценить напряженно-деформированное состояние горного массива. Так, обводненные и разуплотненные участки характеризуются снижением плотности потока ЕИЭМПЗ. Напряженное состояние массива находит отражение в повышенных значениях данного параметра. Метод СГДК-А оперирует гармоническими полями, и базируется на установленном явлении азимутальной неоднородности электропроводности различных сред поверхностного горизонта в связи с текущими геодинамическими процессами коренного массива [9].

Методом ЕИЭМПЗ пройдено шесть профилей различной протяженности с шагом пять метров. В каждой точке проводился замер вертикальной составляющей скорости следования импульсов ($N_{Z(верт)}$) за одну секунду. Общее количество точек наблюдений – 164. В качестве аномальных принимались участки с пониженными или повышенными значениями параметра на протяжении не менее пяти пикетов. Аномальность также сопоставлялась с предполагаемой мощностью нарушения. Методом СГДКА-А выполнены замеры по трем профилям. Общее количество замеров 80. Аномальность оценивалась по критерию K_1 , который отражает вариации ориентировок дисперсии осей максимальной азимутальной электропроводности грунтов вдоль профиля и характеризует степень изменения фонового поля данного параметра над нарушенными зонами. Критерий K_1 оценивался по результатам сглаживания значений изменения фонового поля по пяти точкам. Аномальным всплеском здесь считается амплитуда ΣK_1 равная 9 и более усл. ед. При этом, решающим фактором является как амплитуда, так и протяженность всплеска. Все аномалии, протяженность которых менее пяти пикетов, часто отражают случайные процессы и поэтому на стадиях анализа отнесены к шумам.

Наблюдательные профили были заложены вкост двух разломов проницаемого типа, сформировавшихся в условиях максимальных растягивающих усилий [8]. В данном случае рассматриваются структуры, сопряженные с разломом Лозовая-средняя и являющиеся по отношению к нему отрывками (см. рис. 1). По этим разломам устанавливались геофизические признаки проницаемых разломов. Кроме того, был исследован надвиг а-б на предмет выяснения спорного вопроса о его проницаемости геофизическими методами. В настоящее время такой тип нарушений принято рассматривать как непроницаемый экран. Вместе с тем, обновление нарушений в более поздние геологические эпохи не позволяют говорить так однозначно. На определенную проницаемость надвига а-б указывают продолжительные (до двух лет) водоприток в горные выработки со значительными дебитами – до $100 \text{ м}^3/\text{час}$ [10].

Разлом № 1 пересечен профилями PR3 и PR4, пройденными на расстоянии 125 м (рис. 2В). Длина профиля PR3 составляет 150 м, PR4 – 130 м.

Разлом характеризуется простиранием 330° и относится к проницаемому типу. Мощность нарушенной зоны оценивается в 20-30 м. Разлом пересекается на расстоянии 88 м от начала профиля PR3 (рисунок 2А). Анализ геофизической кривой свидетельствует, что отрицательная аномалия плотности потока наблюдается в интервале 70-100 м. Причем на участке 55-70 м также происходит устойчивое снижение данного параметра. Этот же разлом пересекается профилем PR4 на расстоянии 52 м от его начала. График плотности потока характеризуется образованием широкой параболы с минимум значений в интервале 25-90 м и вершиной в интервале 50-70 м (рис. 2Б).

Вдоль профиля PR3, пройденного методом ЕИЭМПЗ, методом СГДК-А изучен профиль №2. Общее количество замеров – 30, шаг пять метров. Кривая K_1 имеет выраженный ступенчатый вид. Фоновые значения параметра составляют 1-3 усл. ед. в интервале 10-75 м и достигает аномального значения 9 усл.ед. на участке 80-120 м (см. рис.3А). Мощность нарушенной зоны согласно методу СГДК-А составляет 40 м. Несмотря на несколько большую протяженность, ее положение совпадает с результатами, полученными методом ЕИЭМПЗ.

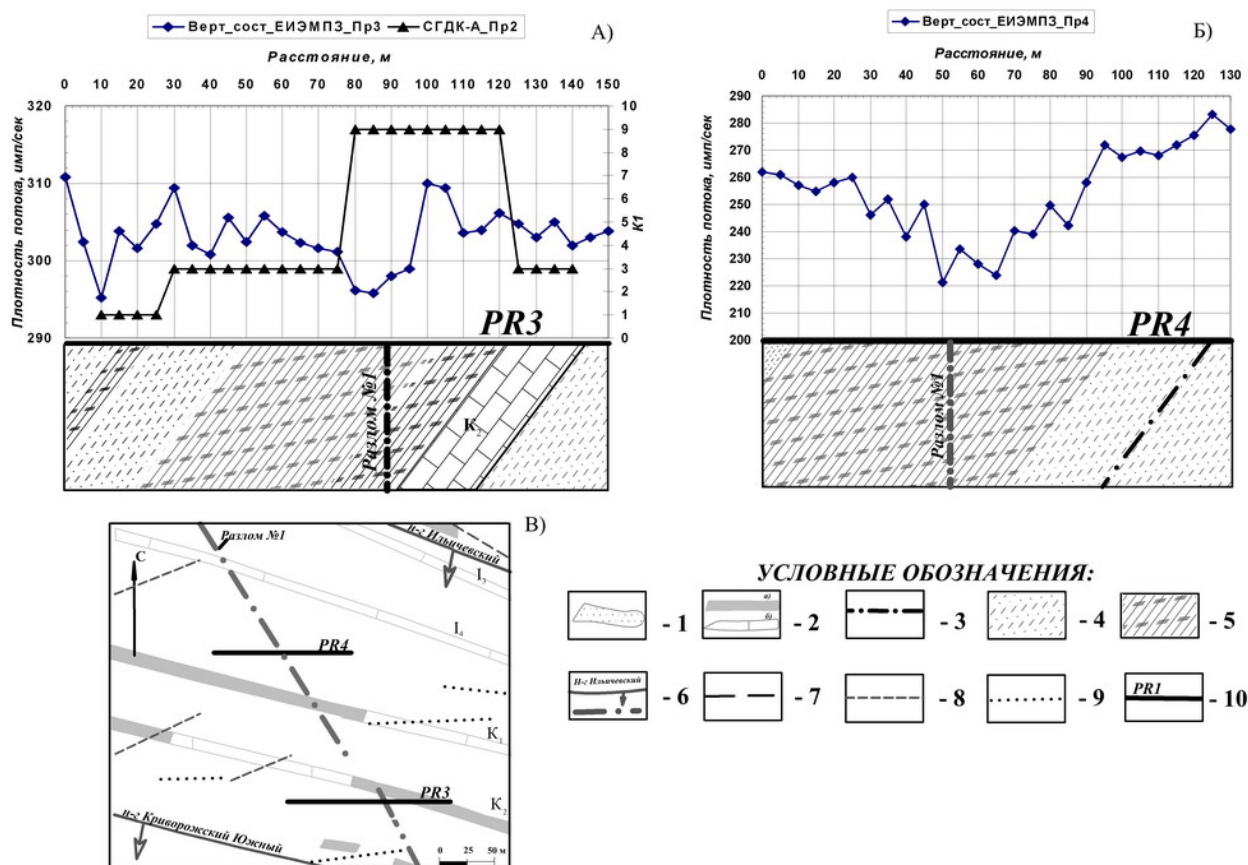


Рис. 2. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкрест разлома № 1: 1 – песчаник; 2 – известняк; а – выход; б – построенный; 3 – угольные пропластки; 4 – аргиллиты; 5 – алевролиты; 6 – разрывные нарушения; 7 – проницаемые разломы; 8 – «полупроницаемые» разломы; 9 – непроницаемые разломы; 10 – геофизические профили.

Следовательно, профилями PR3 и PR4 выделяется устойчивая отрицательная аномалия плотности потока ЕИЭМПЗ, сопряженная с разломом проницаемого типа. Ее положение подтверждается методом СГДК-А. Образование рассматриваемой аномалии является следствием релаксации тектонического напряжения, сопровождающегося повышенной трещиноватостью, разуплотнением и обводнением пород.

Разлом № 2 пересечен профилями PR5 и PR6. Данные профили расположены в 380 м северо-восточнее профилей PR3 и PR4. Расстояние между профилями PR5 и PR6 составляет 60 м, длина соответственно 135 и 130 м (рисунок 3В).

Простираение разлома 330° , тип – проницаемый. От начала профиля PR5 он пересекается на расстоянии 82 м (рисунок 3А). Кривая плотности потока характеризуется сравнительно большей изрезанностью. Четко выраженный минимум приходится на интервал 85-105 м, т.е. на расстоянии около 10 м от разлома. По этому профилю методом СГДК-А (профиль №3) выполнены 25 замеров с шагом пять метров. На большей части профиля значения K_1 не отличаются от фоновых. Однако заметный всплеск значений отмечается в интервале 90 – 110 м (см. рис. 4А). Как и в предыдущем случае, положительная аномалия СГДК-А совпадает с отрицательной аномалией ЕИЭМПЗ. Данные этих методов свидетельствуют, что разлом проницаемого типа сопровождается образованием зоны повышенной трещиноватости, разуплотнения и обводненности пород.

Кривая ЕИЭМПЗ вдоль профиля PR6 характеризуется уменьшением значения параметра от начала к окончанию профиля (рисунок 3Б). Минимум расположен в интервале 80-100 м. Данный участок не совпадает с положением разлома, выделенного по данным дистанционного зондирования, а находится на удалении порядка 10-15 м от него.

Надвиг а-б со спорной проницаемостью пройден вкрест простирания двумя профилями PR1 и PR2 методом ЕИЭМПЗ (рисунок 4В). Расстояние между профилями 90 м. Длина профиля

PR1 – 140 м, профиля PR2 – 120 м. Простирание нарушения – 290-300°, амплитуда смещения до 25-28 м, мощность нарушенной зоны – 25-35 м.

При анализе совмещенных диаграмм вертикальной составляющей ЕИЭМПЗ по двум профилям в интервале 40-60 м на профиле PR1 и 50–75 м на профиле PR2 наблюдаются пониженные значения данного параметра (рисунок 4А, 4Б). Отрицательные аномалии приурочены к трещиноватой зоне надвига. Ее протяженность соответствует данным о мощности зоны дробления нарушения, полученным по результатам доразведки месторождения [10].

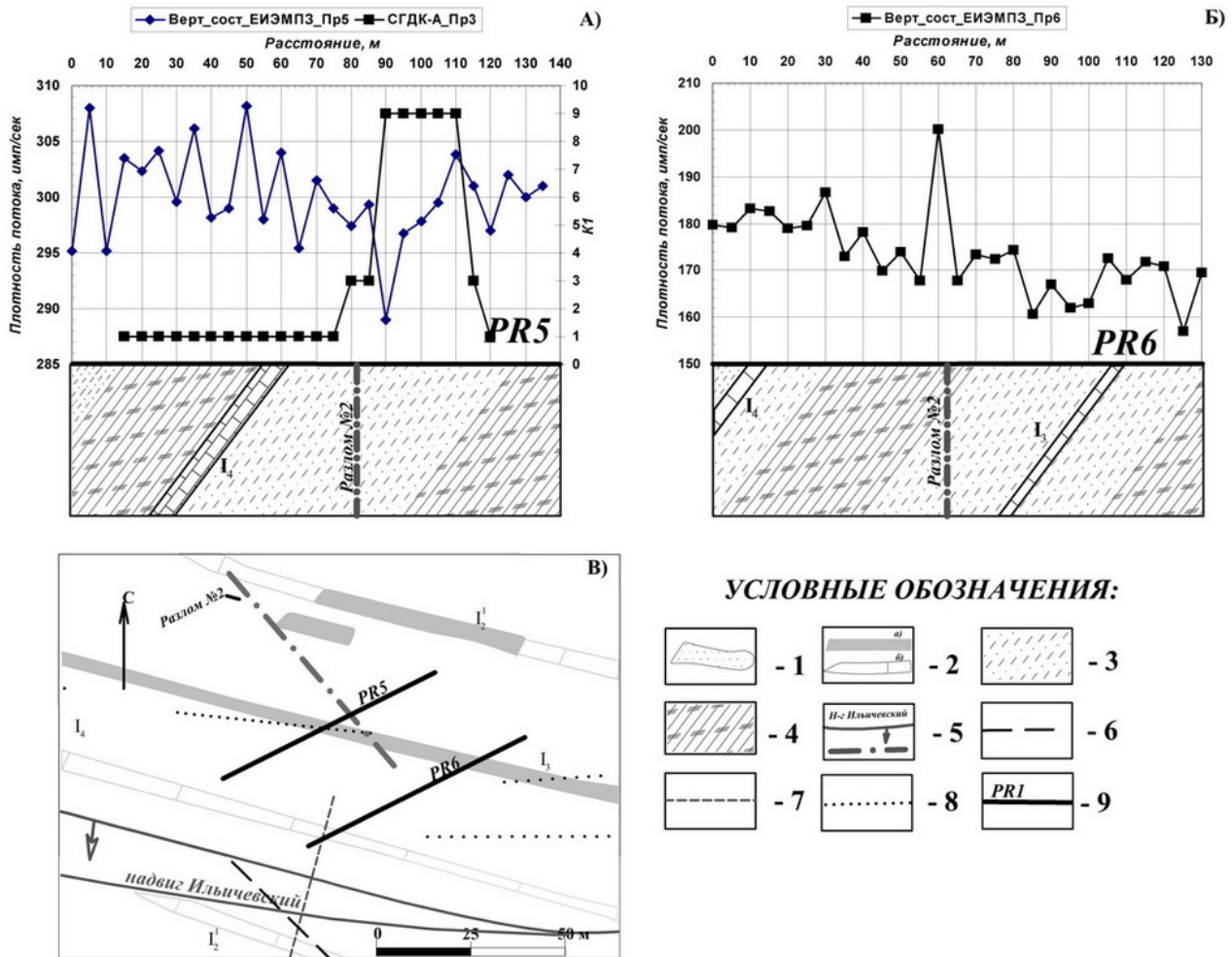


Рис. 3. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкост разлома № 2: 1 – песчаник; 2 – известняк: а – выход; б – построенный; 3 – аргиллиты; 4 – алевролиты; 5 – разрывные нарушения; 6 – проницаемые разломы; 7 – «полупроницаемые» разломы; 8 – непроницаемые разломы; 9 – геофизические профили.

На профиле PR1 в интервале 50-60 м на общем пониженном фоне ЕИЭМПЗ, наблюдается некоторое повышение значений данного параметра. Его появление может свидетельствовать о повышенном напряженном состоянии массива, и, следовательно, меньшей проницаемости на данном участке. Кроме того, вдоль профиля PR1 в интервале 95-115 м также имеет место снижение плотности потока, что указывает на развитие трещиноватой и обводненной зоны. Горный массив между упомянутыми отрезками характеризуется повышенными значениями данного параметра и соответственно его напряженным состоянием.

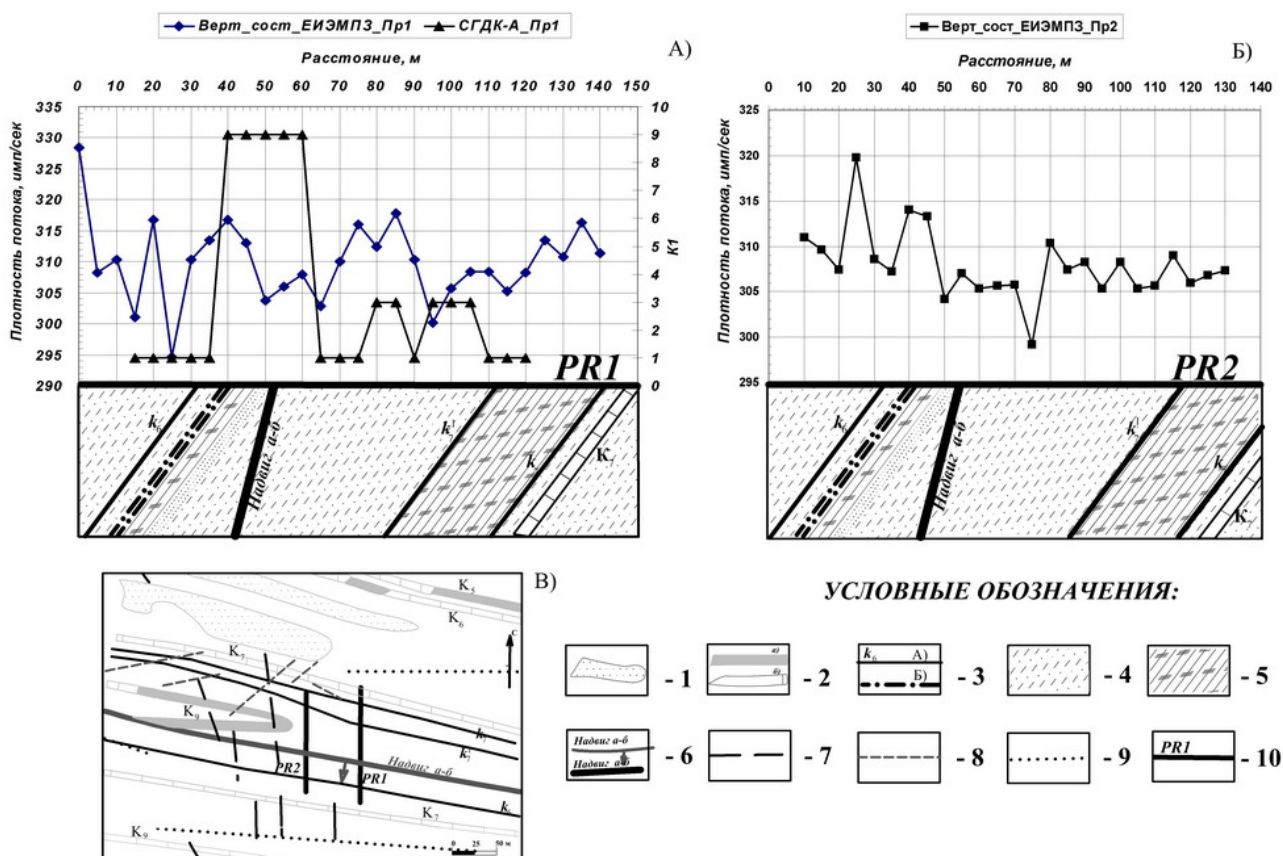


Рис. 4. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкост надвига а-б: 1 – песчаник; 2 – известняк: а – закартированный; б – построенный; 3 – угольные пласты (а) и пропластки (б); 4 – аргиллиты; 5 – алевролиты; 6 – разрывные нарушения; 7 – проницаемые разломы; 8 – «полупроницаемые» разломы; 9 – непроницаемые разломы; 10 – геофизические профили.

В пределах профиля PR2 наблюдается несколько иная картина. Если до четко выраженного минимума в пределах 50-75 м кривая ЕИЭМПЗ характеризуется большим разбросом значений, то после него – не превышает пяти единиц. По-видимому, на напряженное состояние массива могут оказывать влияние разломы низких порядков, расположенные в 25-50 м от профиля. В первой трети профиля максимально близко (до 20-25 м) залегает проницаемый разлом (Т-отрыв) [8]. В конце профиля расположены «полупроницаемые» разломы, представленные в данном случае левым сдвигом (см. рис. 2В).

Вдоль профиля PR1 также выполнены исследования методом СГДК-А. Замеры выполнены в 25 точках с шагом пять метров. В интервале 40-60 м наблюдается всплеск кривой параметра K_1 , что свидетельствует о нарушенном состоянии массива на данном отрезке (см. рис. 4А). Местоположение аномального участка практически совпадает с результатами, полученными методом ЕИЭМПЗ.

Аномальный участок, выделенный методом ЕИЭМПЗ в интервале 95-115 м, методом СГДК-А подтвержден отчасти. В интервалах 80–85 м и 90-105 м наблюдаются всплески параметра K_1 до 3 усл. ед., что, однако, при принятом критерии аномальности, не позволяет достаточно достоверно отнести данный участок к нарушенным. Для уточнения степени нарушенности участка требуются дополнительные исследования.

Проведенные геофизические исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Пространственное положение геодинамических зон (ГДЗ), предварительно установленное геодинамическим картированием, находит отражение в изменении естественного импульсного электромагнитного поля Земли (метод ЕИЭМПЗ) и дисперсии осей азимутальной электропроводности грунтов (метода СГДК-А) вдоль профилей, пройденных вкост простирающихся разломов.
2. ГДЗ, сформировавшиеся в условиях максимальных растягивающих усилий и, как следствие, обладающие максимальной проницаемостью и обводненностью, характеризуются

образованием отрицательных аномалий ЕИЭМПЗ. При этом ширина обводненной приразломной зоны определяется протяженностью разлома и изменяется от 10 до 40 м. Надвиг а-б характеризуется чередованием положительных и отрицательных аномалий ЕИЭМПЗ, указывающих на наличие в напряженном массиве проницаемых участков. На определенную проницаемость также указывают продолжительные водопритоки в горные выработки со значительными дебитами.

3. ГДЗ, независимо от условий образования, выделяются методом СГДК-А по положительным аномалиям.
4. Применение геофизических методов ЕИЭМПЗ и СГДК-А в комплексе с методами дешифрирования космоснимков, результатами тектонофизических исследований позволяет установить проницаемость массива и на основании этого выполнить оценку геолого-экологических последствий ликвидации угольных шахт.

Бібліографічний список

1. Воевода Б.И. Геодинамическое состояние горных массивов и последствия землетрясений / Б.И. Воевода, Е.Г. Соболев, А.Н. Русанов // Наукові праці ДонНТУ : серія гірничо-геологічна. – 2001. – Вип. 32. – С. 80-87.
2. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макаров Н.В. и др. Современные геодинамически активные зоны платформ / В.И. Макаров, А.Л. Дорожко, Н.В. Макаров [и др.] // Геоэкология. – 2007. - №2. – С. 99 – 110.
3. Соболев Е.Г. Геодинамические зоны, как пути загрязнения подземных источников водоснабжения / Е.Г. Соболев, О.В. Савченко, Г.А. Петенко и др. // Проблемы экологии – 2002. - №2. – С. 33-41.
4. Кипко Э.Я. О предотвращении экологического ущерба при мокрой консервации шахт. / Э.Я. Кипко, Е.Г. Соболев, О.В. Савченко // Уголь Украины. – 1997. - №10. – С. 27-31.
5. Заборин М.С. Геодинамика и ее влияние на восстановление гидрогеологических условий в пределах закрытых шахт / М.С. Заборин, Л.Д. Богун, Б.И. Воевода // Уголь Украины. – 2007. - №2. – С. 31-33.
6. Заборин М.С. Геодинамическое картирование в пределах поля закрытой шахты «Брянковская» (Луганская область) / М.С. Заборин, Б.И. Воевода, А.Н. Хромов // Сб. научных статей 3-й межвузовской научно-практической конференции «Наукова парадигма географічної освіти України в ХХІ столітті». – Донецк : ДИСО. – 2007. – С. 25 – 33.
7. Заборин М.С. Геодинамическое строение поля закрытой шахты «Брянковская» по данным аэрокосмического метода : (итоги 15 Международной конференции «Ломоносов-2008») [электронный ресурс] – Режим доступа к журн. : http://lomonosov-msu.ru/2008/06/06_6.pdf.
8. Заборин М.С. Проницаемость геодинамических зон в пределах поля шахты «Брянковская» / М.С. Заборин, В.А. Корчемагин, И.К. Решетов [и др.] // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна : сер. «Геологія, географія, екологія». – 2009. - №864 – С. 39-46.
9. Панов Б.С. Новое в геолого-геофизических исследованиях / Б.С. Панов, Е.П. Тахтамиров // Известия высших учебных заведений, геология и разведка. – 1993. - №3. – С. 57-67.
10. Геологический отчет о доразведке полей шахт 6-ббис «Брянка» и №12 им. Ф.Э. Дзержинского комбината «Кадиевуголь» / ПО «Укруглегология» ; Исполн.: Порохов В.В., Кравцов П.И., Малашкина Н.И., Воронина Т.Т. – Донецк, 1971. – Т.1. – 505 с.

© Заборин М. С., Иванов Л. А., Савченко А. В., Хромов А. Н., 2011.

Анотація

Наведено результати одного з етапів досліджень впливу геодинамічних зон вугленосної товщі при ліквідації шахт. Геофізичними методами ПЕМПЗ, СГДК-А встановлено водопроникність тектонічних структур, що досліджуються, що дозволяє виділити ділянки з першочерговим проявом процесів підтоплення та заболочення в межах полів шахт Брянківської групи (Луганська область).

Ключові слова: ліквідація шахт, вугленосна товща, геодинамічні зони, водопроникність, геофізичні методи ПЕМПЗ, СГДК-А, підтоплення й заболочення.

Abstract

There are results of reasearches of influence coal-bearing series geodynamical zones on forming geoeological situation under coal mines abandon. The water permeability of researching tectonical structures is establish by geophysical methods of NPEMFE, SGM-A, that is allowed to pick out zones with prime display of processes of underflooding and bogging in the limits of Bryankovskaya mine fields (Lugansk district).

Keywords: abandon of mines, coal-bearing series, geodynamical zones, water permeability, geophysical methods of NPEMFE, SGM-A, underflooding and bogging.