

**М.С. Заборин, Л.А. Иванов, А.В. Савченко, А.Н. Хромов, И.К. Решетов**

## ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЗОН НА ШАХТНОМ ПОЛЕ

В межах поля ліквідованої шахти «Брянківська» геофізичними методами ЄІЕМПЗ та СГДК-А виконана оцінка будови та водопроницності геодинамічних зон. Визначена роль даних методів при вирішенні екологічних проблем ліквідації шахт

В пределах поля ликвидированной шахты «Брянковская» геофизическими методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А выполнена оценка строения и водопроницаемости геодинамических зон. Определена роль данных методов при решении экологических проблем ликвидации шахт.

Building and penetrability of geodynamic areas has been executed within the limits of “Bryankovskaya” closed mine field by geophysical NIEMFE and SGDM-A methods. The rule of these methods for solves of ecological problems **of closing mines** have been determined

Высокоэффективное решение вопросов подтопления и заболачивания территорий, связанных с ликвидацией угольных шахт, возможно только с позиций зонально-блочного строения горного массива [1,2].

По современным представлениям вся земная кора повсеместно разбита на блоки различных размеров. Границами между блоками земной коры являются геодинамические зоны (ГДЗ), представленные различными разрывными структурами [3,4].

В зависимости от природы возникновения, сил определяющих их активность, ГДЗ могут обеспечивать повышенную фильтрацию как природных, так и техногенных загрязненных вод [4,5]. Поэтому участки с высокой скоростью восстановления уровня подземных вод (УПВ) приурочены к местам влияния ГДЗ.

На проницаемость ГДЗ оказывают влияние положение главных осей тектонических напряжений, а также характер распределения в массиве горизонтальной составляющей напряженного состояния горных пород [6, 7]. В первом случае проницаемыми являются ГДЗ, которые сформировались в поле максимальных растягивающих тектонических усилий, либо

испытывают (испытали на каком-то этапе) их действие [6]. Во втором случае проницаемые участки пород приурочены к окрестностям зон повышенного напряженного состояния массива. При этом сами зоны являются водонепроницаемыми экранами. Установлено, что проницаемые участки трещиноватости, развитые между зонами повышенных напряжений и в их окрестностях, играют первостепенную роль в высокой производительности нефтяных скважин [7].

Верхняя часть разреза угольного месторождения является зоной снятия напряженного состояния массива и развития процессов гипергенеза. В этой части разреза, примерно до глубины 200 м, происходит резкое увеличение пористости и сопутствующее ему резкое уменьшение плотностных, электрических, упругих и прочностных свойств всех типов пород [8,9]. Однако силы горизонтальных напряжений, под воздействием которых происходят дислокации, деформации и разрушения массивов пород, в данной части разреза частью сохраняют свое действие.

Очевидно, что на скорость водоподъема, а также на поведение УПВ на различных участках шахтного поля, будут оказывать количество ГДЗ, их природа, а

также мощность, протяженность в плане и на глубину. Развитие процессов подтопления и заболачивания дневной поверхности, в первую очередь, следует ожидать в местах выхода ГДЗ, которые, зачастую, определяют формирование орогидрографической сети.

На сегодняшний день для выявления ГДЗ (геодинамическое картирование) существует ряд достоверных и проверенных практикой геолого-геофизических методов. К ним относятся дистанционные методы, морфометрический метод анализа топографических карт, комплекс геофизических методов – эманационные, структурно-геодинамического картирования (азимутальный), магнитодинамические, электрометрические и др. [3,4,5,10].

В пределах поля ликвидированной шахты «Брянковская» (Луганская область) выполнено геодинамическое картирование [6,11,12].

Шахтное поле характеризуется складчатым залеганием толщи с углами падения до  $50^{\circ}$ . В геологическом разрезе преобладают песчано-глинистые породы с подчиненным значением пластов известняков и углей среднего карбона. Разрывные нарушения представлены крупными надвигами. Все нарушения являются соскладчатыми и их ориентировка совпадает с простиранием пород.

На первом этапе с применением дистанционных методов были определены закономерности геодинамического строения шахтного поля (рис. 1).

Также, по данным реконструкции полей тектонических напряжений, была выполнена оценка проницаемости и активности выделенных структур. Наиболее активными являются разломы субширотной (СШ), субмеридиональной (СМ), а также диагональной (СВ  $40-45^{\circ}$ ) ориентировок [6]. К наиболее проницаемыми в пределах поля шахты «Брянковская» отнесены СМ структуры, испытывавшие максимальные растягивающие усилия, структуры, примыкающие к крупным разломам и являющиеся отрывами [6]. Меньшей проницаемостью характеризуются разломы СВ  $45^{\circ}$  ориентировки,

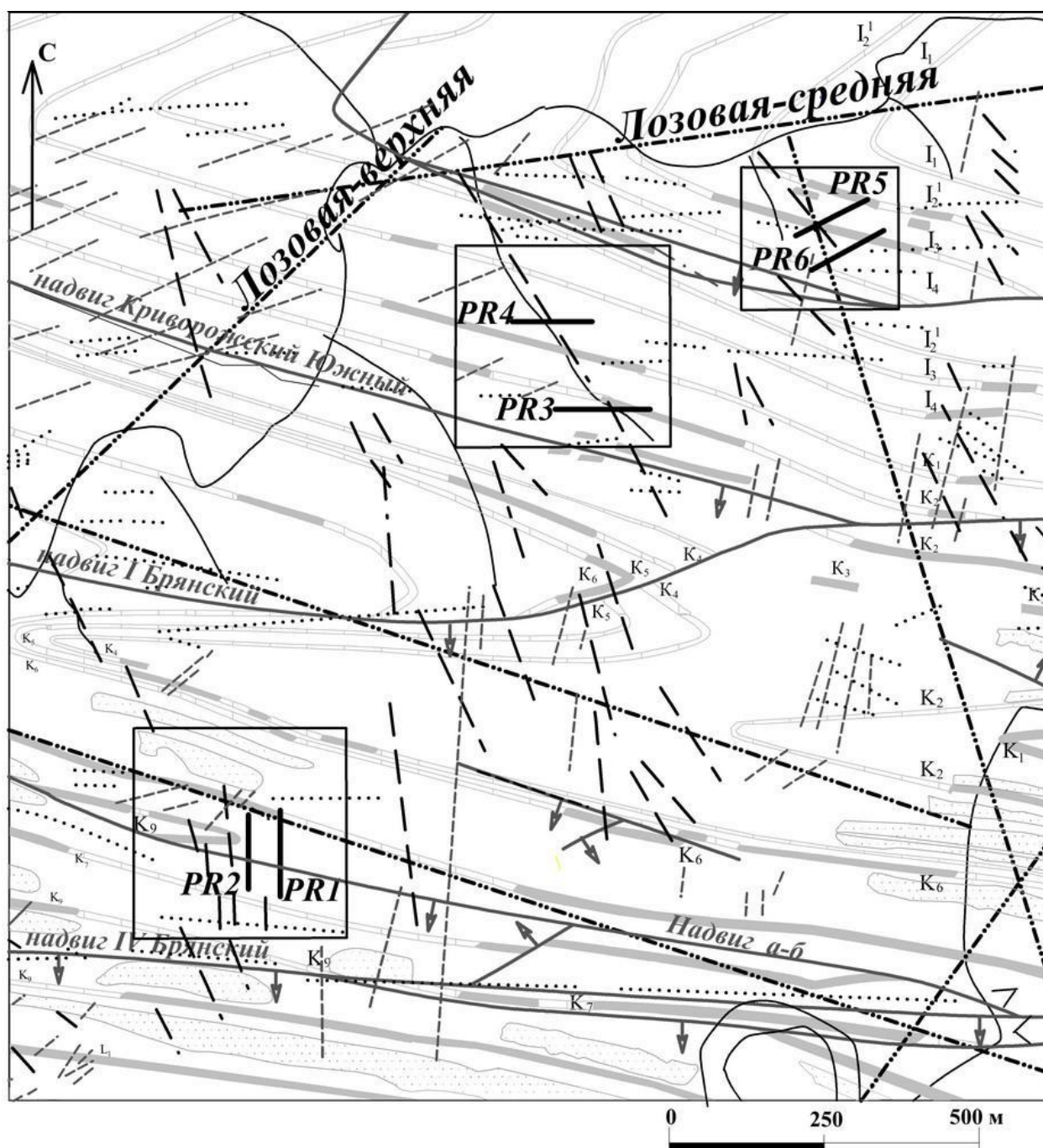
сформировавшиеся в сдвиговом тектоническом поле, а также разломы с простиранием  $10-45^{\circ}$  и  $60-65^{\circ}$ . К практически непроницаемым отнесены СШ структуры, испытывавшие воздействие наибольших сжимающих усилий.

На втором этапе на отдельных участках шахтного поля проведено геофизическое профилирование методами естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и структурно-геодинамического картирования (азимутальный) – СГДК-А (см. рис.1).


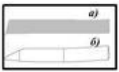
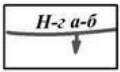
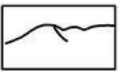

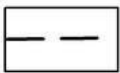
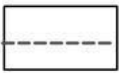
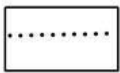
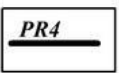
Метод ЕИЭМПЗ основан на регистрации естественной импульсной электромагнитной эмиссии, зависящей от деформаций пород, возникающих под действием полей напряжений. Метод позволяет оценить напряженно-деформированное состояние горного массива. Так, обводненные и разуплотненные участки характеризуются снижением 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 [13].

Геофизические исследования преследовали цель подтверждения выделенных ранее структур, оценки их обводненности, а также напряженного состояния в их пределах и на прилегающих участках.

Наблюдательные профили были заложены вкост разломов, сформировавшихся в условиях максимальных растягивающих усилий и, как следствие, характеризующихся максимальной проницаемостью [6]. В данном случае рассматривались структуры, сопряженные с разломом Лозовая-средняя и являющиеся по отношению к нему отрывами (см. рис. 1). Разлом №1 был пересечен профилями № 3,4, разлом №2 – профилями 5,6. Кроме того, был исследован участок надвига а-б на предмет его возможной проницаемости (профили №1,2).



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:**

 - 1	 - 2	 - 3	 - 4	 - 5
 - 6	 - 7	 - 8	 - 9	

1 – песчаник; 2 – известняк: а – выход; б – построенный; 3 – разрывные нарушения; 4 – гидрографическая сеть; 5 – линейменты первого порядка; 6 – проникаемые разломы; 7 – «полупроницаемые» разломы; 8 – непроницаемые разломы; 9 – геофизические профили

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

В настоящее время такой тип нарушений принято рассматривать как непроницаемый экран. Вместе с тем, обновление нарушений в более поздние геологические эпохи не позволяют утверждать так однозначно [6].

На определенную проницаемость надвига а-б указывают продолжительные (до двух лет) водоприитоки в горные выработки со значительными дебитами – до  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Методом ЕИЭМПЗ пройдено шесть профилей различной протяженности с шагом пять м. В каждой точке проводился замер вертикальной составляющей скорости следования импульсов ( $N_{Z(\text{верт})}$ ) 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  $K_I$ , который отражает вариации ориентировок дисперсии осей максимальной азимутальной электропроводности грунтов вдоль профиля и характеризует степень изменения фонового поля данного параметра над нарушенными зонами. Критерий  $K_I$  оценивался по результатам сглаживания значений изменения фонового поля по пяти точкам. Аномальным всплеском здесь считается амплитуда  $\Sigma K_I$  равная девять 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.

Рассмотрим результаты полевых исследований.

Профили №1 и №2 методом ЕИЭМПЗ пройдены вкрест надвига а-б. Расстояние между профилями 90 м. Длина профиля №1 – 140 м, длина профиля №2 – 120 м. Простирание надвига –  $290\text{-}300^0$ . Амплитуда

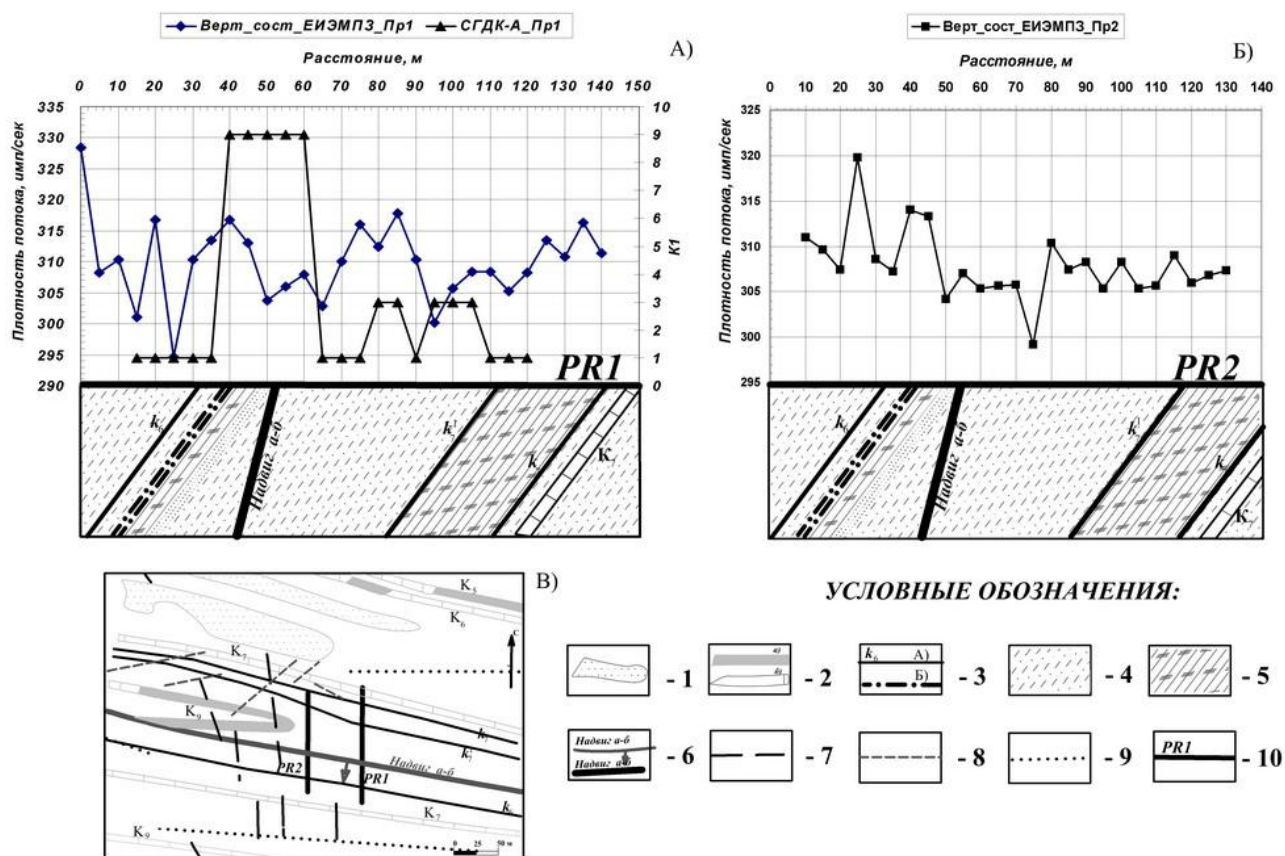
смещения надвига до 25-28 м, мощность нарушенной зоны – 25-35 м.

При анализе совмещенных диаграмм вертикальной составляющей ЕИЭМПЗ по двум профилям в интервале 40-60 м (50–75 м для профиля №2) наблюдаются пониженные значения данного параметра (рис. 2,А и 2,Б).

По нашему мнению, данный участок диаграммы отражает нарушенную зону надвига. Его протяженность соответствует представлениям о мощности зоны дробления разрывного нарушения. На отрезке 50-60 м, на общем пониженном фоне ЕИЭМПЗ, наблюдается некоторое повышение значений данного параметра. Это может свидетельствовать о напряженном состоянии массива на данном отрезке, и, следовательно, меньшей проницаемости. Кроме того, вдоль профиля №1, в интервале 95-115 м также имеет место снижение плотности потока, что может быть обусловлено наличием трещиноватой, обводненной зоны. Горный массив между упомянутыми отрезками характеризуется повышенными значениями данного параметра, что может указывать на его напряженное состояние.

В пределах профиля №2 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) [6]. В конце профиля расположены «полупроницаемые» разломы, представленные в данном случае левым сдвигом (см. рис. 2В).

Вдоль профиля 1 также выполнены исследования методом СГДК-А. Замеры производились в 25 точках с шагом пять метров.



1 – песчаник; 2 – известняк: а – выход; 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.

Рисунок 2. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкрест надвига а-б.

В интервале 40-60 м наблюдается всплеск кривой параметра  $K_1$ , что свидетельствует о нарушенном состоянии массива на данном отрезке (см. рис.2А). 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 интервале 80-85, 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.

Профили №3-6 методом ЕИЭМПЗ пройдены вкрест разломов отрыва, сопряженных с разломом

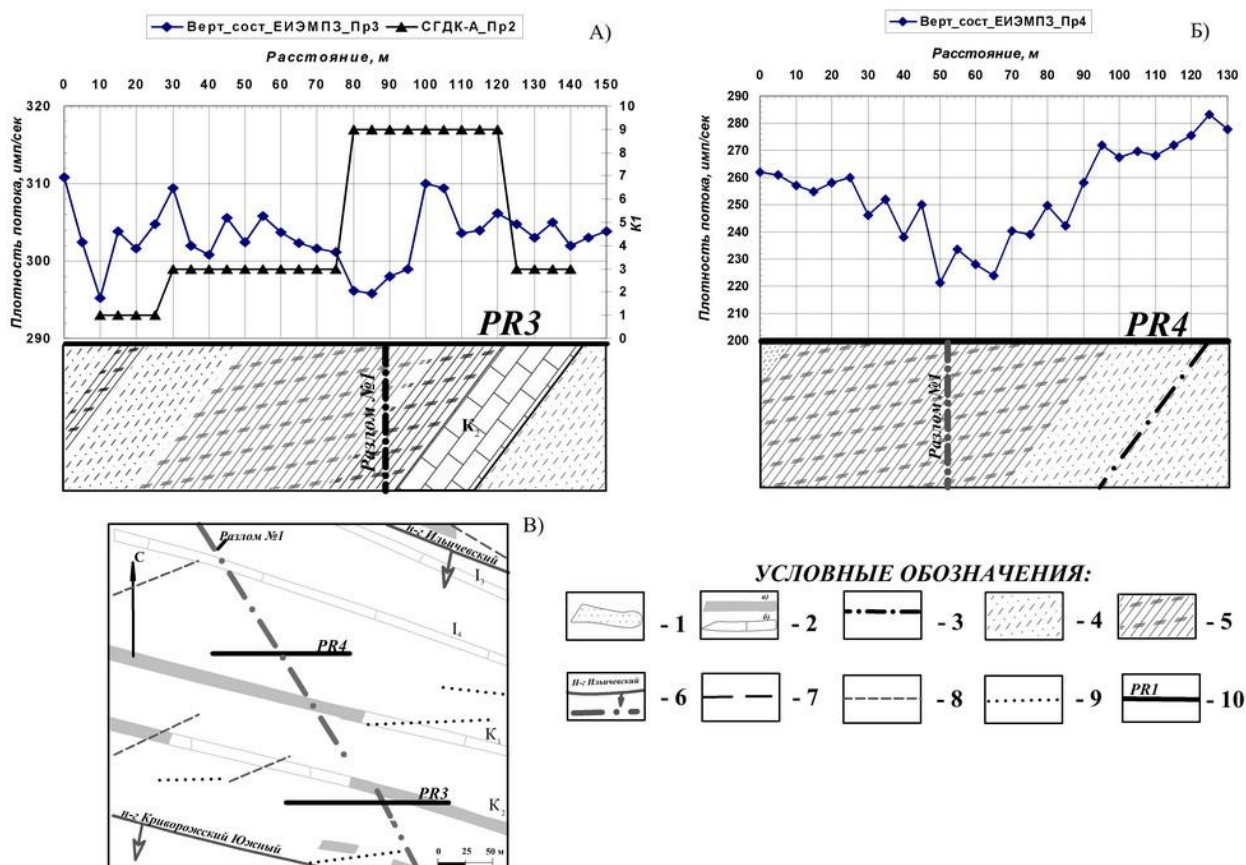
Лозовая-средняя (см. рис.1). Простираение рассматриваемых структур  $330^0$ .

Профили № 3-4 на расстоянии 125 друг от друга пересекают вкрест одну из структур (рисунок 3В). Длина профиля 5 – 150 м, профиля 6 – 130 м.

Предполагаемая мощность нарушенной зоны – 20-30 м.

Минимум кривой плотности потока в пределах профиля №3 наблюдается в интервале 70-75м (рис.3,А). Причем на участке 55-70 м наблюдается устойчивое снижение данного параметра, что также может свидетельствовать об обводненности, либо нарушенности массива на данном отрезке.

График плотности потока профиля №4 имеет вид параболы, с минимум в пределах отрезка 50-70 м (рис. 3,Б).



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.

Рисунок 3. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкрест разлома № 1

Тенденция к снижению значений плотности потока, начиная от первых пикетов профиля, также позволяет сделать предположение об обводненности данного участка.

Профиль №2 методом СГДК-А пройден вдоль профиля №3 (метод ЕИЭМПЗ). Общее количество замеров – 30, шаг пять метров.

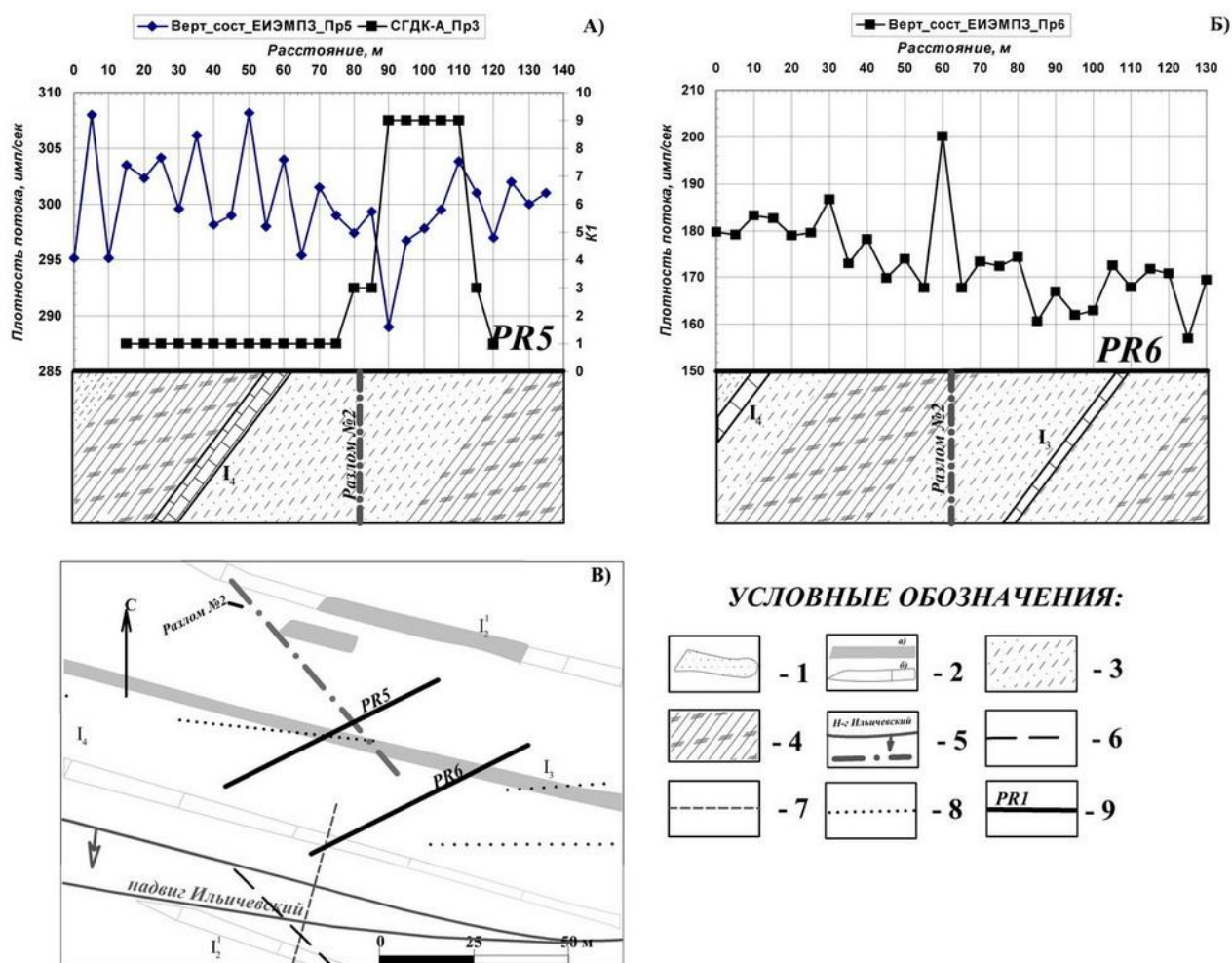
Кривая  $K_1$  имеет выраженный ступенчатый вид. Фоновые значения параметра составляют один-три усл. ед. в интервале 10-75 м и достигает аномального значения девять усл.ед. на участке 80-120 м (см. рис.3,А). Таким образом, мощность нарушенной зоны согласно метода СГДК-А составляет 40 м. Несмотря на несколько большее значение ее положение

отвечает результатам, полученным методом ЕИЭМПЗ.

Профили №5,6 расположены в 380 м северо-восточнее профилей № 3,4. Расстояние между профилями 60 м. Длина профиля №5 и 6 соответственно 135 и 130 м (рис. 4,В).

Значения параметра ЕИЭМПЗ вдоль профиля №5 характеризуются разновекторной направленностью. Четко выраженный минимум приходится на интервал 85-105 м (рис. 4,А).

Кривая ЕИЭМПЗ вдоль профиля №6 характеризуется уменьшением значения параметра от начала к окончанию профиля (рис. 4,Б).



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.

Рисунок 4. Результаты геофизического профилирования методами ЕИЭМПЗ и СГДК-А вкрест разлома № 2.

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.

Методом СГДК-А (профиль №3) выполнены 25 замеров с шагом пять метров.

На большей части профиля значения  $K_1$  не отличаются от фоновых. Всплеск значений параметра отмечается в интервале 90–110 м (см. рис. 4,А). Таким образом, положение нарушенной зоны в целом совпадает с результатами профилирования методом ЕИЭМПЗ.

Проведенные геофизические исследования позволяют сделать следующие выводы.

- Пространственное положение геодинамических зон (ГДЗ), предварительно установленное геодинамическим картированием, находит отражение в изменении естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и дисперсии осей азимутальной электропроводности грунтов (метода СГДК-А) вдоль профилей, пройденных вкрест простирания разломов.

- 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.

- ГДЗ, независимо от условий образования, выделяются методом СГДК-А по положительным аномалиям.

- Применение геофизических методов ЕИЭМПЗ и СГДК-А в комплексе с методами дешифрирования космоснимков позволяет определить проницаемость массива и на основании этого выполнить оценку эколого-гидрогеологических последствий ликвидации угольных шахт.

### Список литературы

1. Заборин М.С., Богун Л.Д., Воевода Б.И. Геодинамика и ее влияние на восстановление гидрогеологических условий в пределах закрытых шахт // Уголь Украины. – 2007. - №2. - С. 31-33.
2. Кипко Э.Я., Соболев Е.Г., Савченко О.В. О предотвращении экологического ущерба при мокрой консервации шахт // Уголь Украины. – 1997. - №10. – с. 27-31.
3. Воевода Б.И., Соболев Е.Г., Русанов А.Н. Геодинамическое состояние горных массивов и последствия землетрясений. // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. – 2001. - Вип. 32. – С. 80-87.
4. Современные геодинамически активные зоны платформ // Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макаров Н.В., Макеев В.М. // Геоэкология. – 2007, №2. – С. 99-110.
5. Геодинамические зоны, как пути загрязнения подземных источников водоснабжения / Соболев Е.Г., Савченко О.В., Петенко С.А. и др. // Проблемы экологии – 2002. - №2. - С. 17-23
6. Проницаемость геодинамических зон в пределах поля шахты «Брянковская» / Заборин М.С., Корчемагин В.А., Решетов И.К., Ефименко К.Н. // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Серія Геологія, географія, екологія. – 2008. - № 824. – С. 40-48.
7. Жуланов И.Н. Развитие технологий акустических исследования в нефтегазовых скважинах: Автореф. дис. д-ра техн. наук – Пермь, 2007. – 42 с.
8. Гречухин В.В. Изучение угленосных формаций геофизическими методами. - М.: Недра, 1980. - 360 с.
9. Иванов Л.А., Б.И. Воевода. Современная глубина как фактор изменения скорости распространения упругих продольных волн  $V_p$  угленосных пород Донбасса // Наук. праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. – 2003. – Вип. 63. – С. 127-133.
10. Мельник В.В., Замятин А.Л. Изучение строения участка земной коры и создание его геолого-структурной модели // [http://igd.uran.ru/geomech/articles/zal\\_001/index.htm](http://igd.uran.ru/geomech/articles/zal_001/index.htm).
11. Заборин М.С., Воевода Б.И., Хромов А.Н. Геодинамическое картирование в пределах поля закрытой шахты «Брянковская» (Луганская область) // Сб. науч. ст. 3-й межвуз. научн.-практич. конф. «Наукова парадигма географічної освіти України в ХХІ столітті». Донецк: ДИСО, 2007. – С. 25 – 33.
12. Заборин М.С. Геодинамическое строение поля закрытой шахты «Брянковская» по данным аэрокосмического метода. [http://lomonosov-msu.ru/2008/06/06\\_6.pdf](http://lomonosov-msu.ru/2008/06/06_6.pdf)
13. Панов Б.С., Тахтамиров Е.П. Новое в геолого-геофизических исследованиях. Известия ВУЗов, Геология и разведка, 1993г., №3 с. 57-67.

*Рекомендовано д.г.н. Приходченко В.Ф.*

21.01.08



### Сведения об авторах

Заборин М.С. – ассистент кафедры геологии Донецкого национального технического университета. **Контактный телефон - +38 (095) 092-70-50 e-mail: meshkaz@rambler.ru**

Иванов Л.А. – старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела (УкрНИМИ) НАН Украины, к.г.-м.н.

Савченко А.В. - старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела (УкрНИМИ) НАН Украины, к.г.-м.н.

Хромов А.Н. – ассистент кафедры геологии Донецкого национального технического университета

Решетов И.К. – профессор кафедры гидрогеологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, профессор, д.г.-м.н.