

Черняева В. В.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

В середине 90-х годов прошлого столетия началась реструктуризация угольной промышленности, сущность которой заключалась в ликвидации почти 100 нерентабельных шахт Украины [1]. Вывод угольных шахт из эксплуатации осуществлялся на протяжении всей истории угледобывающих работ в Донецком бассейне. Однако прежде ликвидация угольных шахт не носила массовый характер. Как в данном случае отреагирует экосистема на массовое закрытие и затопление шахт? Ответить на данный вопрос было сложно как в начальный период реструктуризации угольной промышленности, так и в настоящее время.

Опыт, накопленный за последнее десятилетие, показал, что одной из важных проблем, связанных с реструктуризацией предприятий угольной промышленности, является прогноз зон подтопления в пределах их горных отводов. Методика прогнозов участков подтопления шахтных полей базируется на тщательном анализе гидрогеологической обстановки, сложившейся на конечный период работы шахты [1]. И только после этого принимается решение о выборе способа закрытия шахты и управления шахтными водопритоками. Далее в период и после ее ликвидации на территории угольного предприятия, чаще всего в границах жилых массивов проводится гидрогеологический мониторинг, по его результатам делаются выводы для решения возникших проблем.

Настоящая статья посвящена прогнозу зон подтоплений на территории ликвидируемых угольных шахт с помощью тектонофизического анализа. Ранее такие исследования не производились. Данная методика позволяет по новому подойти к решению проблемы.

Объектом исследований стали шахты, расположенные в Пролетарском и Буденовском районах г. Донецка. Это шахты шахтоуправлений им. газеты «Правда» и «Красная Звезда», а также шахта «Мушкетовская», «Заперевальные» №1 и №2, шахта им. 60-летия Советской Украины.

Рассматриваемая территория расположена на водоразделе рек Грузская и Кальмиус. Ландшафт представляет собой степное, слабо расчлененное пространство. Гидрографическая сеть развита слабо и представлена в основном верховьями балок, среди которых можно выделить Обеточную и Богодуховскую. Повышение рельефа наблюдается с юго-запада на северо-восток. Минимальная отметка – +120 м, максимальная – +235 м.

В геологическом строении района принимают участие породы среднего карбона свит C_2^2 , C_2^3 и C_2^4 , почти повсеместно перекрытые четвертичными и местами палеоген-неогеновыми образованиями.

Четвертичные отложения представлены лессовидными желто-бурыми суглинками, бурыми и красно-бурыми глинами мощностью от 0,5 до 38 м. Палеоген-неогеновые отложения, встречающиеся в единичных случаях, имеют мощность 3–25 м и представлены глинами и разнородными песками. Пески местами обводнены и имеют характер пльвунов.

Продуктивные отложения свит C_2^2 и C_2^3 содержат в себе 21 угольный пласт, из которых рабочую мощность имеют 9: h_{10} , h_8 , h_7 , h_6 , h_4 , h_3 , h_2^1 , h_2 и g_2 .

Исследуемый участок в геолого-структурном отношении расположен в юго-восточной части Кальмиус-Торецкой котловины, которая представляет собой обширную синклиналию складку, открытую к западу и замыкающуюся на юго-восток. Ось синклинали простирается с юго-востока на северо-запад на протяжении 150 км. Максимальная ширина котловины 75 км.

Вся описываемая площадь разбита крупными дизъюнктивами на отдельные тектонические блоки (рис. 1). Наиболее значительными разрывными нарушениями являются Мушкетовский, Первомайский, Итальянский и Восточный надвиги.

Мушкетовский надвиг – крупнейший региональный разрыв субширотного простирания. Он прослежен на протяжении 50 км с постоянным затуханием амплитуды в северо-западном направлении. Амплитуда нарушения снижается от 300 м на востоке до 90 м в центральной

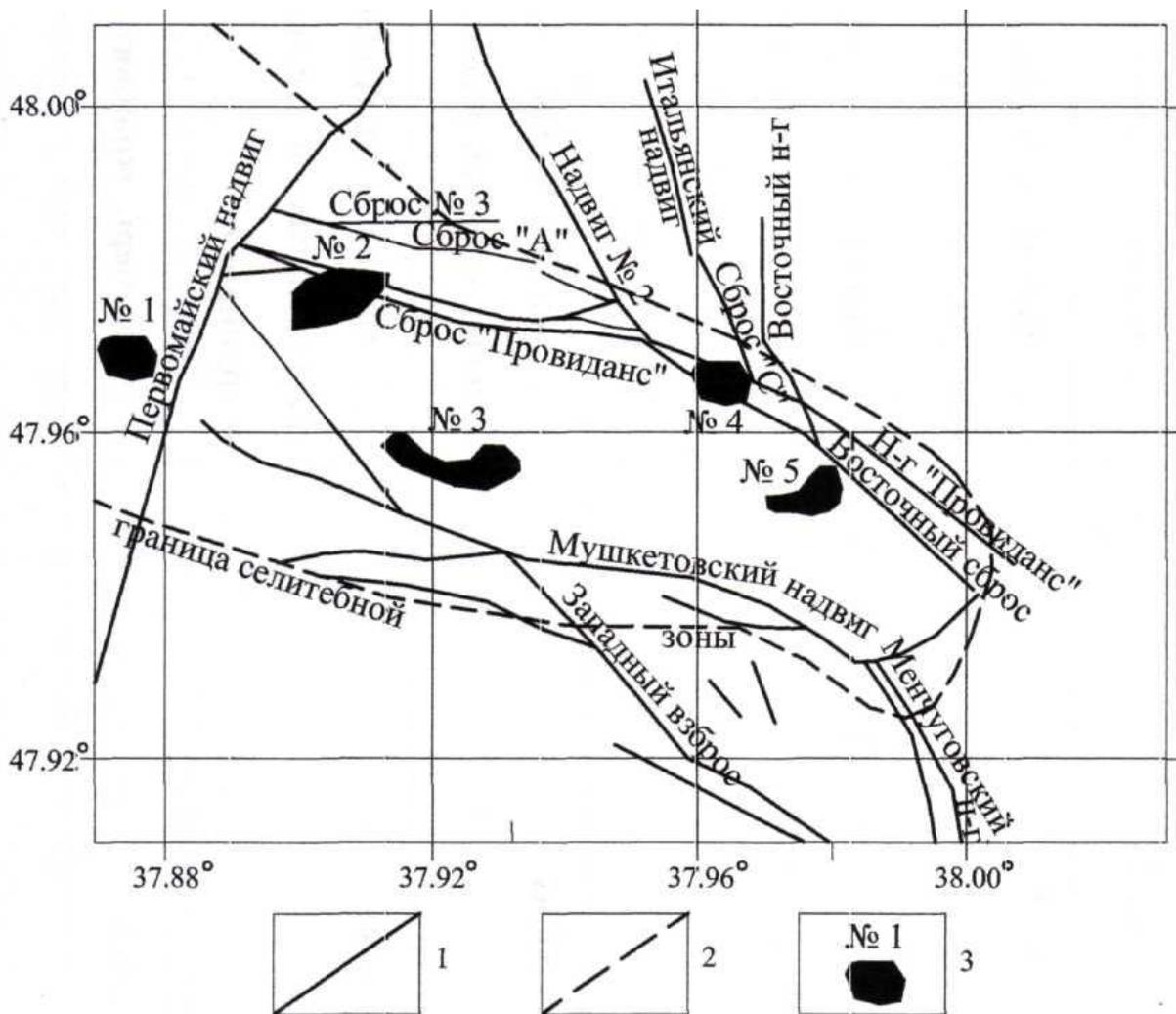


Рис. 1. Тектоническая карта Пролетарского и Буденовского районов г. Донецка
 1 – разрывные нарушения, 2 – граница селитебной зоны, 3 – участки фактических подтоплений

части и затухает в западном направлении. Приподнятым является его северо-восточное крыло. Согласно имеющимся данным, Мушкетовский надвиг смещается более молодым Первомайским надвигом.

Первомайский надвиг имеет субмеридиональное простирание. Максимальная амплитуда смещений по нарушению достигает 460 м. В южном и северо-восточном направлении амплитуда надвига уменьшается. Углы падения сместителя изменяются от 15-35° до 80°. Плоскость сместителя падает на восток. Зона дробления пород достигает 150 м.

Итальянский надвиг имеет преимущественно субмеридиональное простирание. Поверхность сместителя наклонена под углом 40°. Амплитуда смещения изменяется от 15 до 90 м, а мощность зоны нарушенных пород – в диапазоне 12–55 м.

Восточный надвиг изменяет свое простирание от субмеридионального на севере до юго-восточного на юге. Падение сместителя на запад и юго-запад под углом 45–60°. Амплитуда нарушения в центре составляет около 30 м и постепенно уменьшается к северу, надвиг затухает. На юго-востоке нарушение примыкает к надвигу Провиданс с амплитудой 40–42 м.

Гидрогеологическая обстановка в данном районе довольно сложная. Вследствие широко развития фронта горных работ шахт района по пластам h_{10} , h_8 , h_7 , h_6 , h_4 , h_3 , h_2^1 , h_2 и g_2 большинство водоносных горизонтов сдренировано.

Горные выработки шахт ш/у им. газеты «Правда» и ш/у «Красная Звезда», им. 60-летия Советской Украины, «Глубокая» сбиты между собой горными выработками и скважинами. Все

шахты объединены в единую гидравлическую систему и представляют собой общий водный бассейн.

Шахты «Заперевальная» №1 и №2, «Мушкетовская» объединены в отдельную гидравлическую систему, не связанную с шахтами шахтоуправлений имени газеты «Правда» и «Красная Звезда».

В связи со строительством линии метрополитена в г. Донецке намечено частичное затопление вышеуказанных шахт до отметки +30.

Для изучения динамики затопления шахт и характера его влияния на окружающую среду периодически, начиная с 2000г., ПО «Укруглегеология» и ГРГП «Донецкгеология», проводят работы, включающие: создание режимной сети гидронаблюдательных скважин, замеры уровней воды в них и обследование поверхности селитебной зоны с выделением образовавшихся зон подтоплений.

Обследование поверхности ликвидированных шахт позволило установить на рассматриваемой территории 5 крупных участков подтопления (рис. 1). По результатам проведенных работ, гидрогеологи пришли к единому мнению, что частичное затопление шахты не влияет на образование участков подтопления на поверхности. Решающее значение в этом играет то, что четвертичные отложения в рассматриваемом районе зачастую подстилаются глинистыми породами каменноугольного возраста, которые при подработке шахтами проявляют способность к плавному прогибанию. За счет этого в зоне сдвижения происходит проседание отдельных участков земной поверхности, при этом уровень грунтовых вод приближается к ней.

Немаловажную роль в образовании участков подтоплений играет строительство дорог, зданий и сооружений, которые препятствуют нормальному стоку атмосферных осадков и циркуляции грунтовых вод.

Наличие же участка подтопления на территории частного сектора застройки при наличии центрального водоснабжения можно объяснить отсутствием водоотводящих систем, которые обеспечивают дополнительное питание грунтовых вод.

Необходимо обратить внимание на то, что при выполнении вышеописанных работ не было уделено внимание состоянию горного массива. Дело в том, что, не зная реального состояния горного массива в области конкретного шахтного поля, мы не можем говорить о том, как в будущем после ликвидации и затоплении горных выработок будет вести себя этот массив. Зная структурные элементы массива горных пород, мы можем определить тектонофизические условия его формирования.

Главной задачей тектонофизического анализа является реконструкция тех тектонических полей хрупких деформаций, которые определяют состояние массива. В результате такой реконструкции можно не только оценить и прогнозировать горно-геологические условия проведения подземных разведочных или эксплуатационных выработок, но и дать прогноз по выделению участков возможных подтоплений на поверхности после ликвидации горного предприятия [2, 3, 4].

Реконструкция поля хрупких деформаций проводится по элементам залегания трещин, борозд и штрихов на зеркалах скольжения трещин и тектонических нарушений. Вручную обработать такой массив полевых данных очень сложно. Поэтому автор кинематического метода О. И. Гущенко с А. О. Мострюковым для решения данной задачи разработали специальную компьютерную программу «GEOS» [4]. Программа позволяет проводить реконструкции поля хрупких деформаций по совокупности трещин и зеркал скольжений. Реконструкция поля деформаций включает в себя: нахождение положения в пространстве трех осей эллипсоида деформации – ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 ; графическое изображение этих осей на стереограмме; расчет элементов залегания осей деформаций; расчет показателя Лодэ-Надаи (μ_ϵ). Показатель Лодэ-Надаи отражает условия, в которых происходило деформирование массива горных пород в целом. Измеряется он от +1 (одноосное сжатие массива) до -1 (одноосное растяжение массива).

При частичном затоплении угольной шахты наибольший интерес для прогноза подтопления подработанных территорий будут представлять области с одноосным сжатием, так породы в этих зонах плотно спрессованы и препятствуют дренированию грунтовых вод в выработанное пространство ликвидированных шахт.

С целью проверки выдвинутых предположений и была выполнена реконструкция полей хрупких деформаций на территории ликвидированных шахт Пролетарского и Буденновского района г. Донецка. Для этого использовались замеры зеркал скольжений с определением направления смещений, выполненные сотрудниками кафедры «Полезные ископаемые и экологическая геология» ДонНТУ и автором в период с 1980 по 2000 гг. в горных выработках вышеуказанных шахт. Ранее данные замеры использовались для прогноза горнотехнических условий эксплуатации.

Обработка данных сводилась к следующему. Исходные данные были объединены в группы (74 группы) по 20–30 и более разрывов в соответствии с размещением в однородных структурных блоках для реконструкции в них параметров поля. Компьютерная программа сформировала равномерную сеть узлов при неравномерной исходной сети наблюдений. Для этого был выбран шаг сети $0,002^\circ$ и радиус охвата $0,001^\circ$. В дальнейшем исходные данные относились к узлу созданной сетки и сглаживались.

По таким сглаженным данным были рассчитаны значения параметров поля суммарных хрупких деформаций в каждом узле сетки, при этом были получены данные по зеркалам скольжения и общей трещиноватости. Были определены ориентировки осей главных нормальных деформаций ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$), их соотношения (коэффициент Лодэ-Надаи).

После получения результатов с помощью программы Excel были составлены выборки по значениям коэффициента Лодэ-Надаи. Далее была построена карта распределения этого показателя в пространстве с помощью программ Surfer (рис. 2).

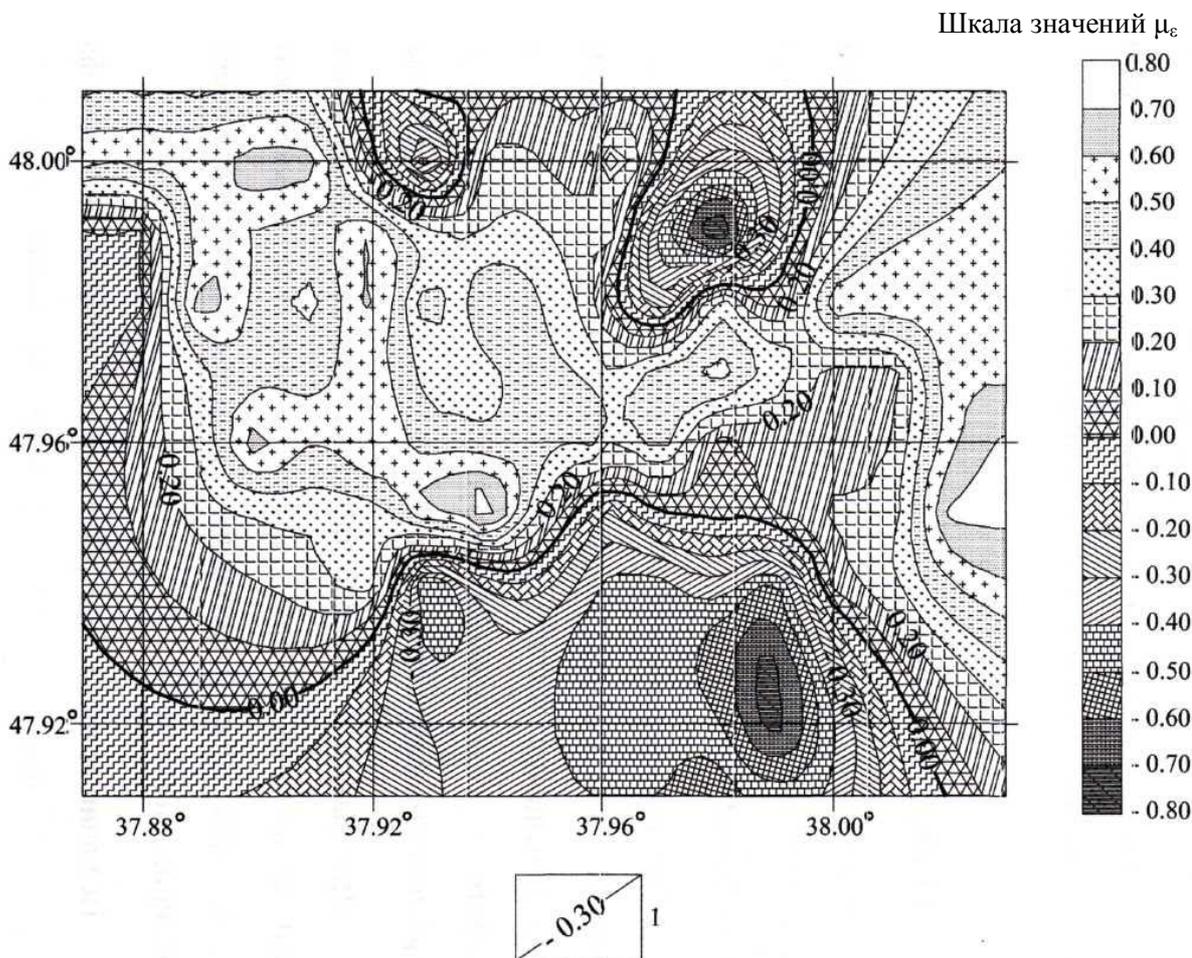


Рис. 2. Карта распределения значений коэффициента Лодэ-Надаи
1 – изолинии значений коэффициента μ_ε

Анализируя данную карту можно выделить 3 области с преобладанием растягивающих усилий (отрицательными значениями коэффициента Лодэ-Надаи). Наиболее крупная область с

преобладанием растягивающих усилий прослеживается в юго-восточной части рассматриваемой территории. Значения коэффициента μ_{ϵ} изменяется в пределах от $-0,30$ до $0,80$ (рис. 2).

Вторая область с такими же значениями μ_{ϵ} , но меньшая по площади прослеживается северо-восточной части данного участка. Третья область со значениями μ_{ϵ} от 0 до $-0,4$ расположена на северо-западе (рис. 2).

При сопоставлении полученных данных с данными мониторинга было установлено, что все 5 участков подтоплений расположены в зоне одноосного сжатия массива, т.е. в области, где породы сильно уплотнены (рис. 3).

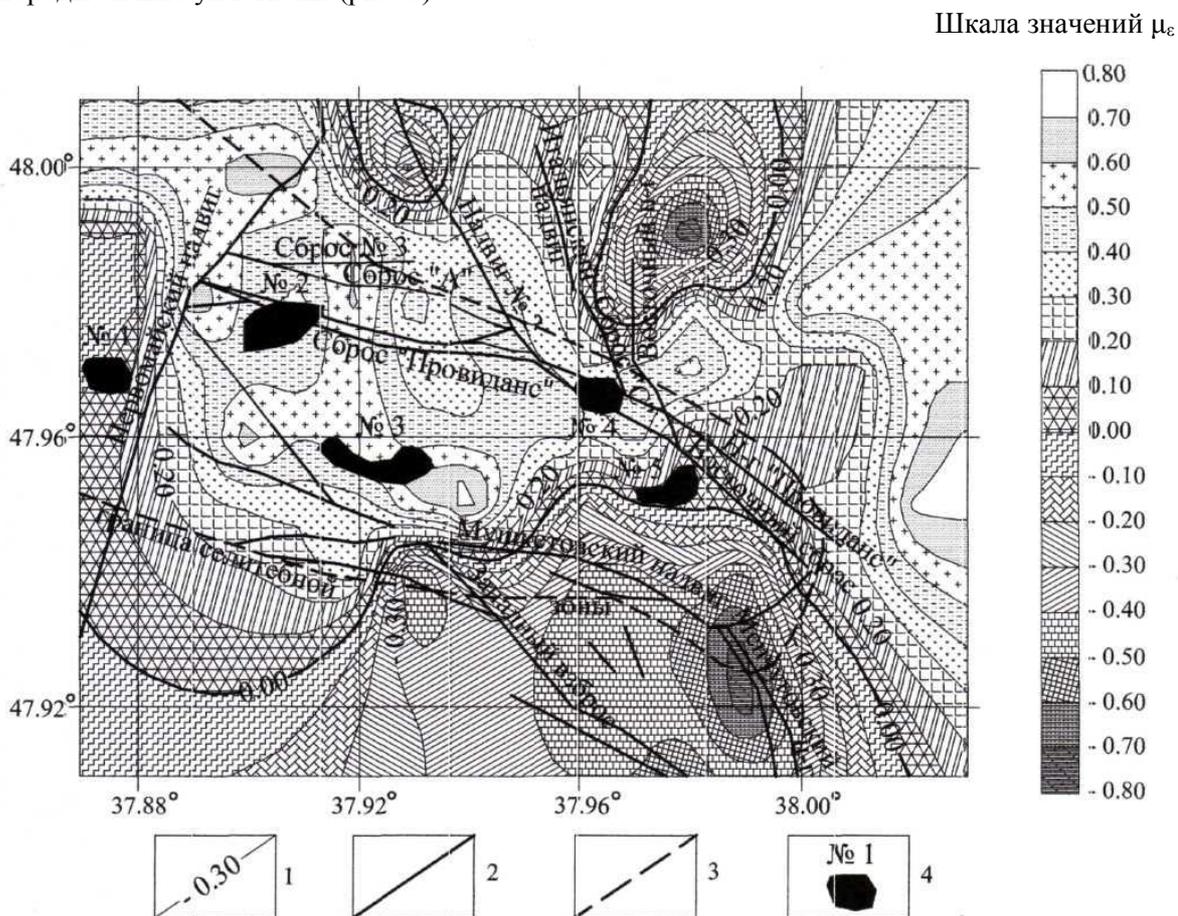


Рис. 3. Совмещенная карта распределения значений коэффициента Лодэ-Надаи, тектонических нарушений, границы селитебной зоны и фактических зон подтоплений
 1 – изолинии значений коэффициента μ_{ϵ} , 2 – разрывные нарушения, 3 – граница селитебной зоны;
 4 – участки фактических подтоплений

Выдвинутые предположения подтвердились.

Следовательно, на образование участков подтоплений на территории ликвидированных шахт Пролетарского и Буденовского районов г. Донецка влияет не только наличие глинистых пород каменноугольного возраста, строительство дорог, зданий и сооружений, отсутствие водоотводящих систем на территории частного сектора застройки, но и состояние горного массива.

Поэтому поля деформаций можно рассматривать, как фактор прогноза подтоплений на территории горных отводов ликвидированных шахт Пролетарского и Буденновского районов г. Донецка.

Библиографический список

1. Гавриленко, Ю. Н. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины /Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермаков, Ю. Ф. Кренида и др.; под редакцией Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермакова. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 631 с.

2. Гущенко, О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений / О.И. Гущенко // Поля напряжений и деформаций в литосфере / Наука – М., 1979. – С. 7–25.
3. Корчемагин, В.А. К методике выделения и реконструкции наложенных тектонических полей напряжений / В.А. Корчемагин, В.С. Емец // ДАН СССР – 1982. – Т. 263, № 1. – С. 163–168.
4. Гущенко, О. И. Тектонический стресс-мониторинг Причерноморского региона / О. И. Гущенко, Н. Ю. Гущенко, А. О. Мострюков и др. // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Сер. гірничо-геологічна / Донец. нац. техн. ун-т. – 2001. – Вип. 32. – С. 104–117.