

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВРЕДНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОДРАБОТАННОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД СО СЛОЖНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТЬЮ (НА ПРИМЕРЕ ЦРД)

*Н.А. Дуброва, Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела НАН,
Украина*

Установлено, что тектоническая нарушенность горных пород является одним из основополагающих факторов, влияющих на распределение ВЗВ в горном массиве. В результате построения пространственных моделей ореолов рассеяния ВЗВ в массиве горных пород выделены «транспортные коридоры» движения поллютантов. Выявлено влияние направления падения сместителя тектонического нарушения на распространение ВЗВ.

Вопрос загрязнения верхней части массива горных пород (ВЧР) в результате техногенной деятельности человека является объектом пристального внимания ученых. Особую остроту эта проблема приобретает в горнодобывающих регионах, когда на подрабатываемой территории оказываются источники поверхностного загрязнения вредными веществами. В подобных случаях достоверное прогнозирование вертикальной и площадной миграции вредных загрязняющих веществ (ВЗВ) в нарушенном горными работами массиве представляет весьма сложную задачу.

Сложность изучения ореолов распространения загрязнителей в массиве горных пород вызвана необходимостью учета многочисленных техногенных и эндогенных факторов влияния (тектонических, гидрогеологических, геохимических, геодинамических, геомеханических) на пути проникновения вредных токсических веществ от поверхностных источников загрязнения и их дальнейшей локализации.

Наиболее известным примером в Украине, явилась аварийная ситуация отравления шахтной атмосферы [1-4] ВЗВ в г. Горловка (1989-1990 гг.). Концентрации химических соединений достигли летально опасных уровней на шахтах Углегорская и Александр-Запад. В непосредственной близости от очага экологической катастрофы расположены многочисленные объекты крупных химических производств: Горловский химический завод, ПО «Стирол» (рис. 1). По всей видимости, хозяйственная деятельность на данных объектах обусловила изменение состава природных вод посредством внедрения в гидросферу огромного количества отходов промышленного производства (химических соединений).

По предварительным оценкам [4] площадная миграция химических загрязнителей Горловской горно-городской агломерации связана преимущественно с ростом проницаемости породного массива вследствие влияния техногенных факторов, которые способствовали формированию дополнительных путей миграции загрязнителей в горные выработки и подземные воды.

Следует отметить, что в естественных условиях содержание тех или иных компонентов химического состава вод регулируется природными процессами. В нарушенном горными выработками массиве формирование химического состава подземных вод и, как следствие, шахтной атмосферы происходит под влиянием уже двух независимых факторов – геологических условий и антропогенного воздействия. В ходе анализа [1-2] влияние эндогенных (тектонических) факторов не было включено в область исследуемых.

Актуальность настоящей работы обусловлена недостаточной изученностью процесса формирования ореолов распространения ВЗВ и степени загрязнения в условиях сложного тектонического строения подработанных территорий Центрального геолого-промышленного района Донбасса (ЦРД).

Цель исследований – установление влияния структурно-кинематических особенностей разрывной тектонической нарушенности на формирование ореолов рассеяния и современные процессы миграции ВЗВ в техногенно нарушенном массиве горных пород.

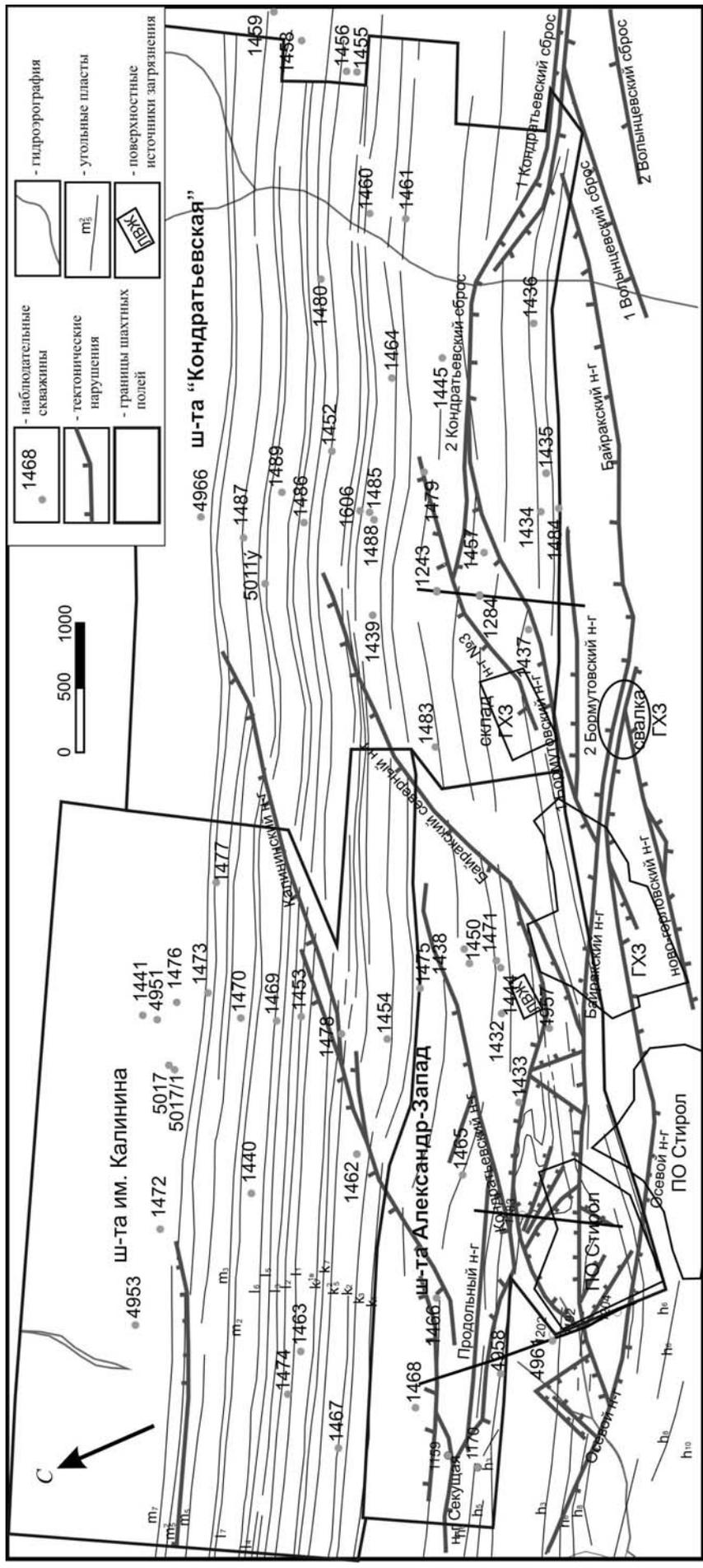


Рисунок 1. Обзорная геологическая карта территории исследования с детализацией поверхностных объектов (источники загрязнения) и гидронаблюдательных скважин

Задачи исследования: 1. Установить особенности структурно-кинематической организации мозаично-блокового строения территории. 2. Выбрать методы для оптимальной обработки имеющихся данных и выделить техногенные аномалии с повышенным содержанием ВЗВ в пробах гидронаблюдательных скважин. 3. Построить 3D модели распределения ВЗВ на исследуемой площади с использованием ГИС-технологий. 4. Исследовать закономерности пространственного распределения химических элементов на данной территории под влиянием тектонического фактора.

Территория исследования – горные отводы шахт: им. Калинина, Кондратьевка, Александр-Запад общей площадью около 45 км² (см. рис. 1).

Шахтой Александр-Запад с 1957 г. отрабатывались угольные пласты $h_3, h_5, h_6, i_1^5, k_1, k_2^2, k_3, k_4^1, k_6$ на горизонтах 150, 250, 350 и 450 м. В пределах горного отвода на более глубоких горизонтах производилась разработка угольных пластов шахтами им. Калинина ($k_8, k_7^1, k_7, k_6, k_5^2, k_4^1, k_2^2, h_3$) и Кондратьевка (k_7^1, k_7, k_5^2). Шахтное поле вскрыто двумя вертикальными стволами, пройденными до горизонтов 150 и 250 м, и двумя наклонными стволами, пройденными по пласту h_3 с горизонтов 150 и 250 м до горизонта 450 м. На всех горизонтах горных работ имеются сбойки с горными выработками шахт им. Калинина, а на горизонтах 150 и 250 м с выработками шахты им. Румянцева.

С 1989 г. горнодобывающее предприятие переведено в режим сухой консервации в связи с аварией, вызванной загрязнением восточного крыла шахтного поля ВЗВ, по всей видимости, поступивших с территории склада легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) Горловского химзавода.

Шахта им. Калинина сдана в эксплуатацию в 1985 году, восстановлена после затопления 1945 г. Отработка производилась по угольным пластам $h_3, k_1, k_2^2, k_3, k_4^1, k_5^2, k_6, k_7, k_7^1, k_8, l_3, l_4^H, l_5, l_6, m_2, m_3, m_4^4, m_5, m_5^1, m_6^2, m_7$. Шахтное поле вскрыто тремя вертикальными стволами и этажными квершлагами на горизонтах 85, 150, 225, 300, 410, 520, 630, 740, 850, 960, 1080 м. Горные выработки имеют сбойки с шахтой Кондратьевка на гор. 620-630 м. Площадь шахтного поля 15,4 км².

Шахта Кондратьевка сдана в эксплуатацию в 30-х годах прошлого столетия, отработка производилась по угольным пластам $h_3, h_{10}, i_1^5, k_1, k_2^2, k_3, k_3^1, k_5^2, k_6, k_7, k_7^1, k_7^2, l_1, l_2, l_3, l_5, l_6, l_8^1, m_2, m_5, m_5^1$. Площадь горного отвода 21 км². Шахтное поле вскрыто вертикальными стволами и этажными квершлагами на горизонтах 150, 250, 380, 500, 620, 740, 860, 980 и 1100 м. Эксплуатация шахты прекращена в 1999 г. Затоплены стволы и ОКБ горизонтов 1100 и 980 м до абсолютной отметки -610 м (глубина 870 м). Уровень подтопления поддерживается отливной установкой горизонта 860 м.

Нижняя глубина отработки угольных пластов находится в пределах 750-1000 м на шахтах им. Калинина, Кондратьевка и 450 м на шахте Александр-Запад.

На территории горных отводов породы карбона характеризуются преобладающим моноклиналильным залеганием. Падение пород северо-восточное под углом 54-62° и простирание по азимуту 115-120°.

В тектоническом отношении территория исследований приурочена к сводовой части и северному крылу Главной антиклинали (ГА) Донбасса – узкой линейной, практически симметричной складке с крутонаклонными южным и северным крыльями (60-65°). Она является осевой линейной структурой Донецкого складчатого сооружения и генетически связана с Осевым (Центрально-Донбасским) глубинным разломом, представляет собой цепочку кулисообразных антиклинальных поднятий протягивающихся с ЮВ на СЗ по азимуту 300-310°.

Поле шахты «Александр-Запад» характеризуется сложным тектоническим строением и расположено в сводовой части антиклинали, в месте кулисообразного сочленения Горловской и Ольховатско-Волынской антиклинальных структур. Залегание пород осложнено тектоническими разрывами широтного и субширотного простирания взбросо-сдвигового типа, традиционно интерпретируемых как надвиги продольного (параллельно оси Главной антиклинали – Осевой, Продольный и др.) и широтного (Калининский, Байраковский, Кондратьевский) простираний, сопровождающихся многочисленной малоамплитудной нарушенностью.

Современные представления о природе возникновения и деформаций осадочных бассейнов показывают, что наряду с механизмами литосферного растяжения и последующего проседания основания бассейна вследствие остывания литосферы возможно формирование глубоких бассейнов в условиях локального растяжения вдоль систем региональных эшелонированных сдвигов. В этом случае, основные напряжения и деформации, возникающие как реакция на движения тектонических плит, накапливаются и реализуются в пределах принципиальной дислокационной зоны. Именно такая стержневая структура, состоящая из отдельных кулисообразно-сочленяющихся отрезков глубинных сдвигов, выделена в центральной части Донецкого бассейна. Тектонический режим правого сдвигания, сохранился в Донбассе и на современном этапе. Он несет ответственность за смещение дугообразных «каркасных линий Главного водораздела» к северу от Главной антиклинали [5,6].

В тектоническом режиме сдвигания (горизонтальное положение главной кинематической плоскости ($\sigma_1 - \sigma_3$)) в контуре сдвиговой зоны образуется сложный комплекс структур Риделя, включающий: 1- сдвиги, среди которых: сопряженные сколы Риделя (синтетические R_1 и антитетические R_2); вторичные синтетические сдвиги P ; параллельные основной зоне смещения сдвиги Y ; 2 - трещины растяжения и сбросы T ; 3 - складки F и взбросы (надвиги) C .

Учитывая вышеизложенное, простирание субширотного Осевого надвига, сопряженного с субмеридиональными разрывами под углом 55-60°, позволяет интерпретировать его как правый синтетический скол Риделя (R_1). Основные крупноамплитудные разрывы района: Калининский, Кондратьевский, Байракский северный, Бормутовский I надвиги (взбросо-сдвиги) и соосные им тектонические разрывы представлены вторичными синтетическими сколами P . 2 Кондратьевский надвиг юго-западного падения кинематически представлен сколом R_1 .

Зоны тектонических нарушений на поле шахты Александр-Запад и смежных шахт преимущественно слабодонасыщены или осушены (водопроявления в виде «потения», капелей и струй с величинами притоков преимущественно 1-2 м³/ч).

Фактический материал, использованный для оценки влияния тектонических структур на ореолы рассеяния ВЗВ в подработанном массиве горных пород, представлен данными гидрогеохимического опробования на наличие веществ класса легких нефтепродуктов (хлорбензол, бутилацетат, дефинелолпропан, моноэтилфосфат, толуол, М-, П-, О-ксилолы и др.) по 58 гидронаблюдательным скважинам (1392 пробы). Характерной особенностью вышеперечисленных ВЗВ являются их практически идентичные физико-химические свойства: маслянистые слабо растворимые в воде углеводороды, с плотностью менее 1; способны к сорбированию горными породами; устойчивы к биогенному и химическому окислению; обладающие токсичным действием. Значения ПДК регламентирует ГОСТ 2874-82.

Применение программного пакета RockWare2002 (демонстрационная полнофункциональная версия) позволило построить 3D модель и визуализировать ореол рассеяния загрязнения в условиях высокой тектонической нарушенности массива горных пород.

Анализ результатов моделирования позволил выявить тектонические блоки, в контуре которых сконцентрированы ореолы рассеяния основных ВЗВ, границами которых служат вторичные синтетические сдвиги (P -сколы) – Калининский, Кондратьевский I и Байракский северный взбросо-сдвиги (рис. 2).

Например, в приповерхностной зоне массива (0 – 200 м) концентрации дефинелолпропана достигают 120-160 ПДК (см. рис. 2). Увеличение концентраций до 170-200 ПДК (тело максимального скопления ВЗВ) пространственно приурочено к глубинам 250-400м. Дифенилпропан является одним из основных загрязняющих органических веществ и обнаружен в подземных водах в значительных концентрациях. Глубина распространения загрязнителя в пределах модели от +207,9 м до -419,7 м. Максимальная концентрация – 0,42 мг/дм³ (220 ПДК) – проба отобрана из песчаника h_1-h_3 и горной выработки по пласту h_3 . Визуализация тела загрязнения ограничена значением в 100 ПДК. Геометрия тела загрязнения полностью наследует сходные элементы залегания Калининского, Кондратьевского и Байракского надвигов по простиранию и падению и пространственно ограничена плоскостями их сместителей. Общее направление движения миграционного потока в блоке представляет собой «ми-

грационный коридор», ограниченный разрывными нарушениями. Подобные закономерности распределения были выявлены и для других ВЗВ - хлорбензола, моноэтилфосфата и толуола.

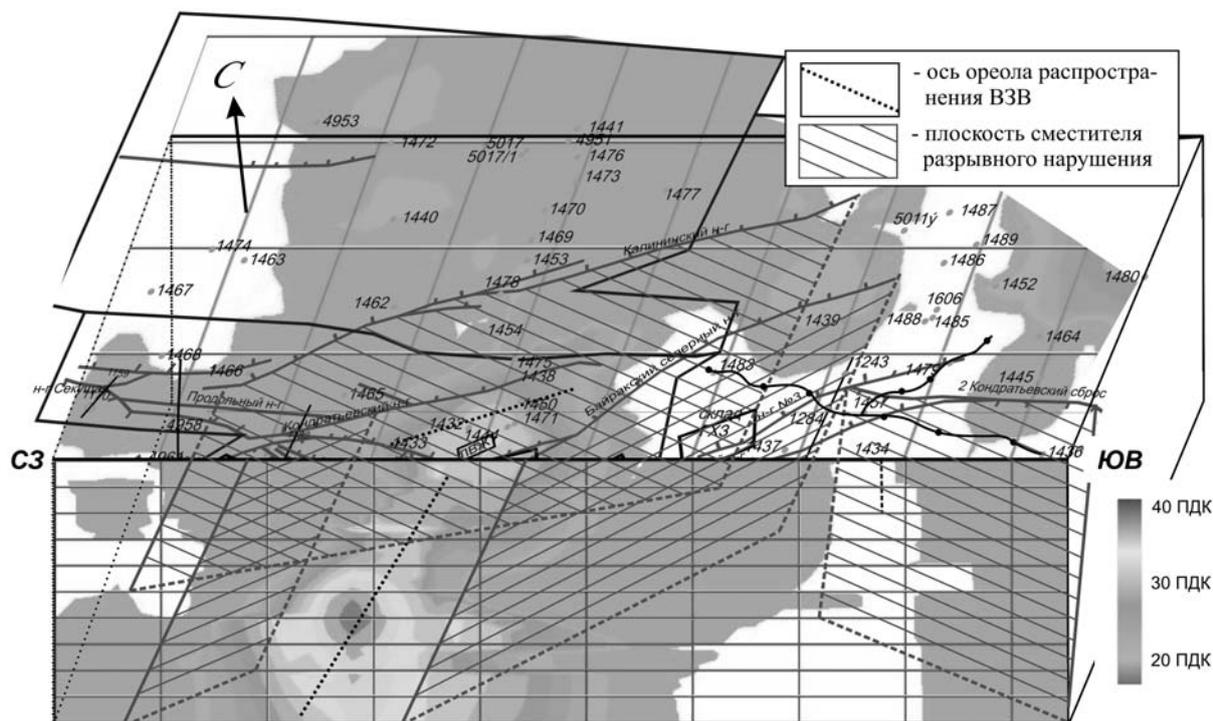


Рисунок 2. Модель ореола рассеяния дифенилпропана в тектонически нарушенном массиве

Однако, в районе Кондратьевских сбросов I и II характер распределения поллютантов не коррелируется с предыдущими выводами (рис. 3).

Объясняется это тем, что участок исследования, находясь в северном крыле Главной антиклинали Донбасса, преимущественно характеризуется северным направлением падения горных пород и тектонических нарушений, а Кондратьевские сбросы (морфологически сбросо-сдвиги) I, II (правый синтетический сдвиг R_1) имеют южное падение. Предположительно, тектонические нарушения с направлением падения сместителя противоположным направлению падения пород выполняют функцию тектонического экрана (барьера) при распространении ВЗВ [7]. В результате совмещения геологических разрезов (рис. 4) с картами ореолов рассеяния поллютантов выявлено, что в скважинах № 1004, № 1003 и № 1284, расположенных к югу от Кондратьевских сбросо-сдвигов, концентрации бутилацетата значительно превышают соответствующие значения в скважинах № 1240 и № 1243, расположенных к северу от указанных нарушений. О-ксилол, наоборот, был обнаружен в количестве значительно превышающем ПДК (10-12 ПДК) к северу от Кондратьевских сбросо-сдвигов и практически отсутствует (1-5 ПДК) в скважинах, расположенных южнее.

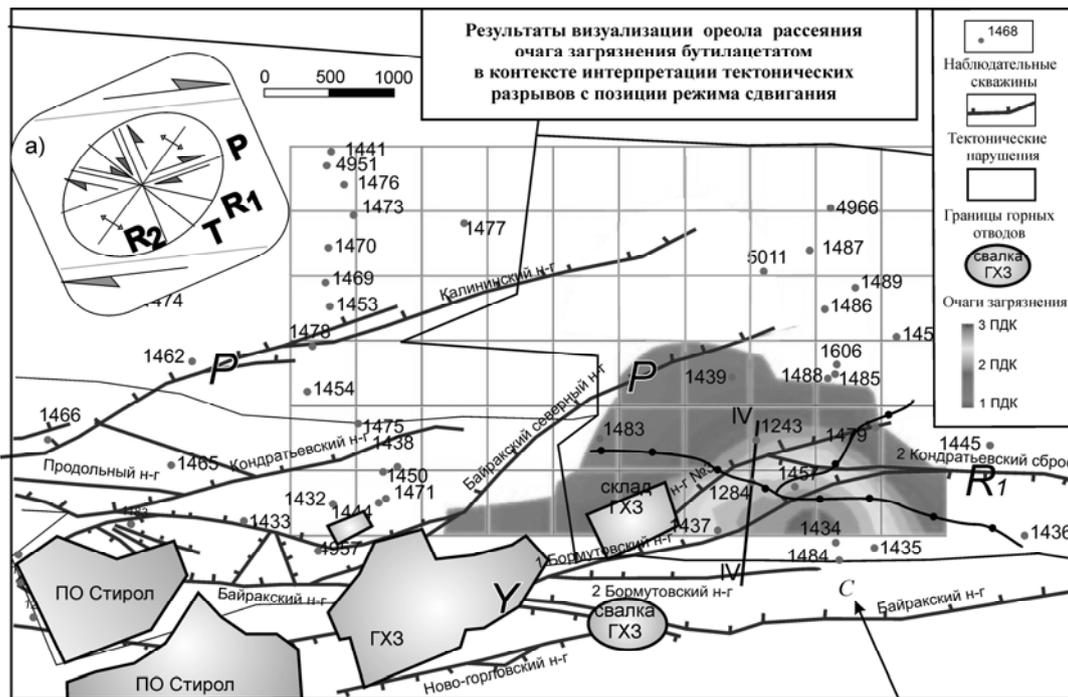


Рисунок 3. Результаты визуализации ореола рассеяния бутилацетата на площади исследования, дополненные схемой тектонического сдвигообразования (а)

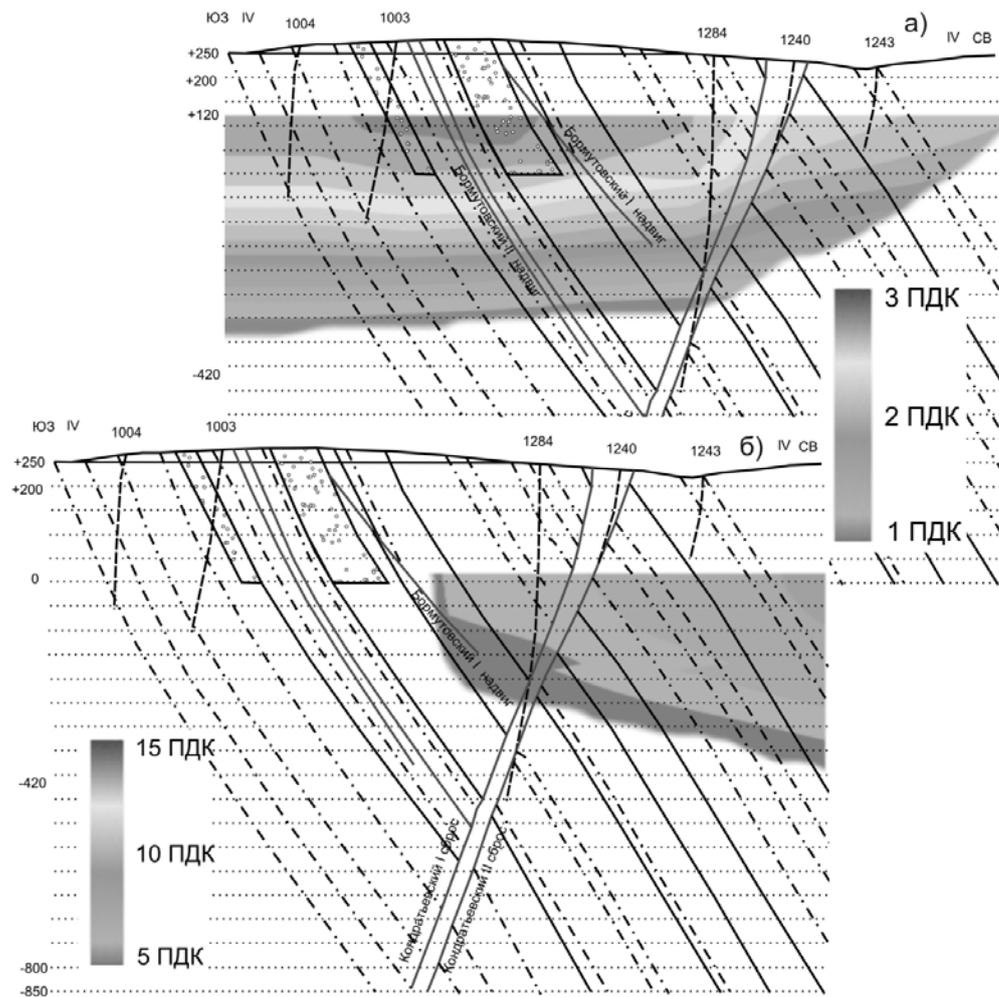


Рисунок 4. Геологические разрезы по линии IV-IV: а) бутилацетат; б) О-кисилол

Аналогично ведут себя М+П-ксилолы и этилацетат на границе зоны экранирующих барьеров Кондратьевских дизъюнктивных тектонических нарушений (сбросо-сдвигов).

В современной геологической литературе [8] известны природные резервуары или участки, по которым флюиды или растворы не могут перемещаться и образуют ореолы скопления (ловушки). Классификации ловушек чрезвычайно разнообразны. Но среди всех видов выделяют структурные, в которых флюиды (растворы) улавливаются обратным падением пород, локальными куполами или тектоническим экраном, то есть образованные структурными формами. Как правило, с таким типом экранирования связаны нефтегазовые месторождения. Но, очевидно, естественные структурные формы могут аналогичным образом влиять на скопление загрязняющих веществ, поступающих с земной поверхности.

Выводы. Тектоническая нарушенность горных пород, безусловно, является одним из основополагающих факторов, влияющих на распределение ВЗВ в горном массиве. В результате построения пространственных моделей ореолов рассеяния ВЗВ в массиве горных пород со сложным тектоническим строением, выявлено, что ореолы рассеяния ВЗВ (по максимумам параметра) концентрируются в пределах внутренней части блоков, не пересекая зоны сдвиговых нарушений (Р-сколов) широтного и близ широтного простираний (Калининский, Байрацкий северный взбросо-сдвиги), которые ограничивают «транспортный коридор». Установлено, что тектонические нарушения (сдвиги R_1) с направлением падения сместителя, противоположным направлению падения пород, экранируют распространение ВЗВ.

Список литературы

1. Разработка методических положений прогноза загрязнения горного массива поверхностными источниками в условиях месторождения, эксплуатируемого подземным способом (применительно к шахтам Центрального района Донбасса) : отчет о НИР / фонд УкрНИМИ НАНУ; рук. В.А. Канин; ГР 1484, – Донецк, 1990. – 101 с.

2. Результаты разведки очагов загрязнения и созданию сети наблюдательных скважин на полях шахт Центрального района Донбасса : отчет о НИР / фонд Госуглепром Украины, ПО «Укруглегеология», ЦДГРЭ; рук. О.А. Куш; ГР 39-90, – Донецк, 1993. – 117 с.

3. Предварительная оценка регионального влияния закрытия шахт Донецко-Макеевско-Горловско-Енакиевской горно-городской агломерации на активизацию процессов подтопления, ухудшение инженерно-геологических условий и рост экологической уязвимости подземных вод : информационный бюллетень № 2 / фонд ИГЭПД; рук. Е.А. Яковлев, – Киев-Донецк-Копенгаген, 2001. – 172 с.

4. Предварительная оценка эколого-геологического риска затопления шахт горловской горно-городской агломерации / Э. Госк, В.А. Сляднев, Н.А. Юркова, Е.А. Яковлев // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2004. – № 3. – С. 60 – 65.

5. Дьяченко Н.А. Структуры Риделя в сдвиговой тектонике Донецкого и Львовско-Волынского каменноугольных бассейнов / Н.А. Дьяченко, В.А. Привалов // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2008. – № 4. – С. 21 – 36.

6. Пимоненко Л.И. О возможном механизме образования разрывных нарушений на крыльях Главной антиклинали // Механика сплошных сред. – Пермь, 1980. – С. 20 – 22.

7. Дуброва Н.А. Выявление путей миграции загрязняющих веществ в зонах ведения горных работ со сложной тектонической нарушенностью (на примере ЦРД) / Дуброва Н.А., Киселев Н.Н. / Збірник наукових праць УкрНДМІ. Випуск 5 / Під. заг. ред. А.В. Анциферова. – Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2008. – С. 358.

8. Основы нефтегазового производства [уч. пособие] / Л. П. Мстиславская, М. Ф. Павлич, В. П. Филиппов // М.: Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2008. – 276 с.