

УДК 556.3

## ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ОРЕОЛЫ РАССЕЯНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОДРАБОТАННОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Дуброва Н. А., Дьяченко Н. А.  
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*У статті розглянуто вплив тектонічної порушеності гірського масиву на розповсюдження шкідливих забруднюючих речовин. Виявлено відповідність між ореолами розповсюдження політантів та тектонічними структурами Ріделя. Визначено вплив напрямку падіння тектонічних порушень на характер міграції забруднювачів. Проаналізовано залежність концентрацій контамінантів від відстані до джерела забруднення.*

*The influence of rock mass faulting on pollutant distributions is studied. Conformity of circle of pollutant distributions and Riedel shears is determined. Effect of the dip in fault direction on the pattern of contaminant migration is identified. Dependence of contaminant concentrations on the distance to the source of pollution is analyzed.*

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 мно-

гочисленных 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 Угле горская 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), расположенно-

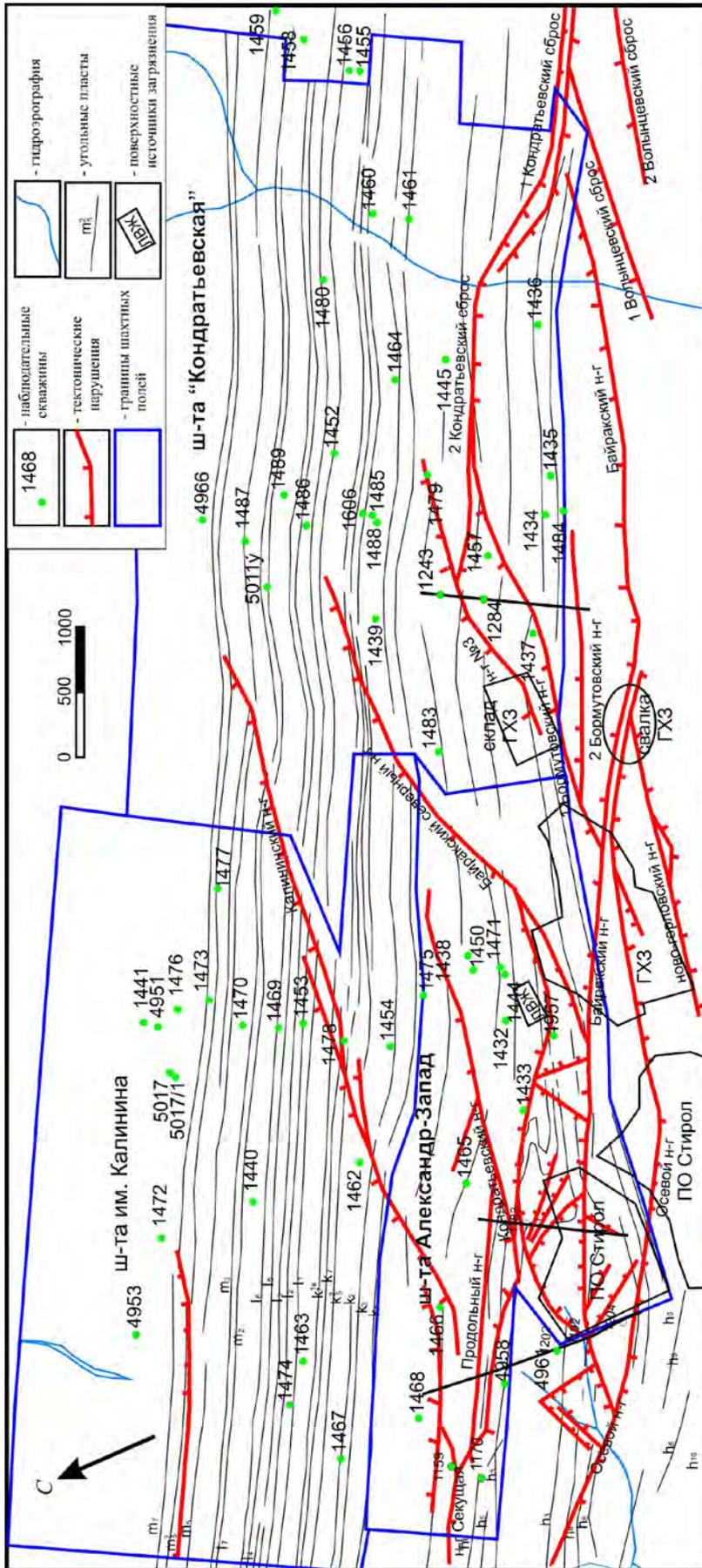


Рис. 1. Обзорная геологическая карта территории исследования с детализацией поверхностных объектов (источники загрязнения) и гидронаблюдательных скважин

го на площади центральной части Главной антиклинали Донбасса в зоне влияния глубинного Осевого разрыва.

**Цель исследований** – установление влияния структурно-кинематических особенностей разрывной тектонической нарушенности на формирование ореолов рассеяния и современные процессы миграции ВЗВ (дифенилолпропана, ацетона, фенола, формальдегида, бензола, оксилола и др.) в техногенно нарушенном массиве горных пород.

**Задачи исследования:** 1. Установить особенности структурно-кинематической организации мозаично-блокового строения территории исследования с позиции сдвиговой тектоники. 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. 5. Проанализировать ореолы рассеяния ВЗВ в зависимости от удаленности от источника загрязнения. 6. Выявить источники загрязнения конкретными химическими соединениями.

Территория исследования – горные отводы шахт: им. Калинина, Кондратьевская, Александр-Запад общей площадью около 45 км<sup>2</sup> (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 ее 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 центрально-расположенными 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 3 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 км<sup>2</sup>.

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 км<sup>2</sup>. 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, Кондратьевская 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 (рис. 2) – 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°.

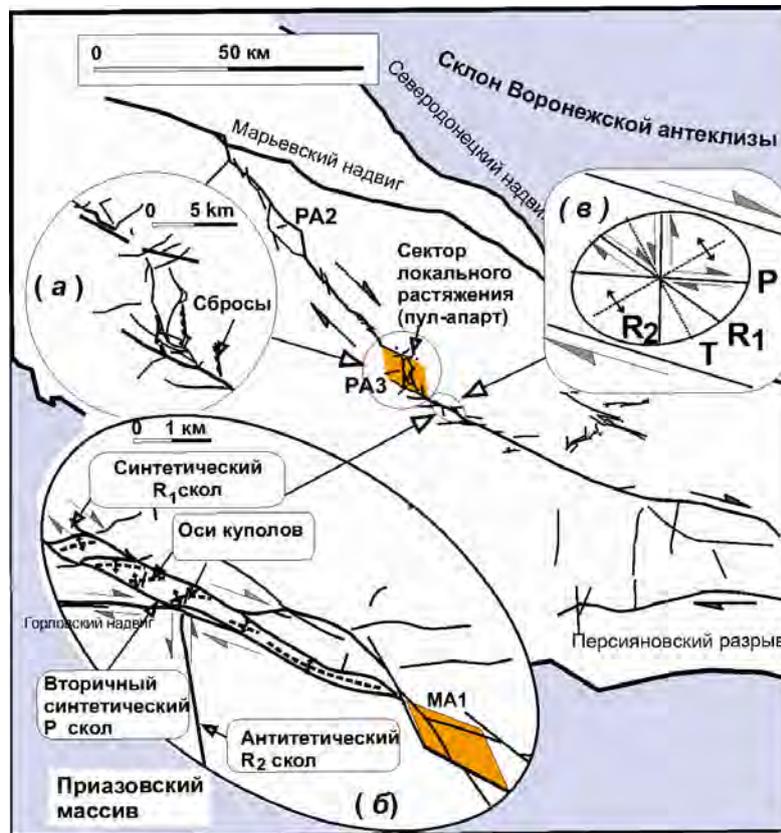


Рис. 2. Схема и элементы тектонического строения Горловской антиклинали с детализацией структур растяжения (а) и купольно-сдвиговых структур сжатия (б) [5], дополненная схемой формирования разрывов сдвиговой кинематики в контуре сдвиговой зоны диагонального простирания (в): 1 – сопряженные сколы Риделя  $R_1$  и  $R_2$ , 2 – вторичные синтетические сдвиги  $P$ ; 3 – трещины растяжения  $T$ , а также купола, формирующиеся перпендикулярно к оси сжатия  $\sigma_1$

Ось антиклинальной складки погружается в северо-западном направлении, углы падения крутые (50-75°) и приурочена к зоне влияния Осевого глубинного разрыва СЗ ориентировки. Северное крыло антиклинали в западной части района более крутое, чем южное. Тектонические разрывы северного крыла имеют крутое С-СЗ падение. Практически все надвиги (взбросо-

сдвиги), имеющие юго-западное падение, развитые в осевой части и на крыльях антиклинали, сливаются в осевой части в единую зону. Амплитуды разрывов при этом быстро уменьшаются. Осевая часть антиклинали осложнена волновым и последовательным чередованием более мелких гофрированных складок – брахиантиклиналей и брахисинклиналей с кулисообразным смещением осей, которые повернуты против часовой стрелки на 15-30° относительно оси антиклинали. Они представлены приразломными складками небольшой амплитуды широтной ориентировки простирания осевой поверхности и складками продольного изгиба большей амплитуды с субширотным (40°) азимутом простирания осевой поверхности. Последние образовались после инверсии Горловской антиклинали в результате сжатия, спровоцированного сдвиговым полем напряжений ( $\sigma_1$  – 330-340°,  $\sigma_3$  – 60-70°,  $\sigma_2$  – субвертикальна) и представляющие собой купольно-сдвиговые структуры сжатия [5, 6]. В своде ГА выделено семь купольно-сдвиговых структур сжатия: с запада на восток отмечаются Чернобугорский, Чернокурганский, Катушкинский, Софиевский, Новый, Чегарникский, Кировский купола (см. рис. 2).

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, Байракский, Кондратьевский) простираний, сопровождающихся многочисленной малоамплитудной нарушенностью.

Следует отметить, что 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 тектони-

ческих плит, накапливаются и реализуются в пределах принципиальной дислокационной зоны [7]. Именно такая стержневая структура, состоящая из отдельных кулисообразно-сочленяющихся отрезков глубинных сдвигов, выделена в центральной части Донецкого бассейна [5]. Тектонический режим правого сдвигания [8], сохранился в Донбассе и на современном этапе. Он несет ответственность за смещение дугообразных «каркасных линий Главного водораздела» к северу от Главной антиклинали [9].

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  $R_2$ ), которые формируются под углом сдвига  $\pm\theta$  симметрично относительно направления оси сокращения (оси сжатия  $\sigma_1$ ); вторичные синтетические сдвиги  $P$ ; параллельные основной зоне смещения сдвиги  $Y$ ;

2. Трещины растяжения и сбросы  $T$ , формирующиеся перпендикулярно к оси удлинения (оси растяжения  $\sigma_3$ );

3. Складки  $F$  и взбросы (надвиги)  $C$ , формирующиеся перпендикулярно к оси сокращения (оси сжатия  $\sigma_1$ ).

Аргументы, доказывающие принадлежность разрывов Главной антиклинали к типу сдвиговых дислокаций, приведены в работах [10, 11].

Учитывая вышеизложенное, простирание субширотного Осевого надвига, сопряженного с субмеридиональными разрывами под углом  $55-60^\circ$ , позволяет интерпретировать его как правый синтетический скол Риделя ( $R_1$ ) (см. рис 2, в). Основные крупно-амплитудные 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  $R_1$ ,

Комплементарные правые и левые сдвиги в месте эшелонированного примыкания их фрагментов образовали присдвиговый бассейн растяжения (пулл-апарт) в районе Константиновского-

Горловського участка. Малоамплитудні порушення групуєються в субширотні зони – «тектонополоси» – праві: синтетическі сдвиги Риделя ( $R_1$ ) субширотної орієнтовки і вторичні синтетическі сколи  $P$  (взбросо-сдвиги), образованні в контурі регіональної сдвигової зони субширотної северо-западної (юго-східної) орієнтовки:  $\sigma_1$  – 330–340° (150–160°),  $\sigma_3$  – 60–70° (240–250°),  $\sigma_2$  – субвертикальна [5, 12] (см. рис. 2). Зони малоамплитудних розривів образують ромбоїдальну сітку з величиною гострого кута  $2\theta = 55-65^\circ$ .

Зони тектонических порушень на полі шахти Александр-Запад і сусідніх шахт переважно слабводонасичені або осушені (водопроявлення в виді «потенія», капежі і струї з величинами притоків переважно 1-2 м<sup>3</sup>/ч).

Фактический матеріал, використаний для оцінки впливу тектонических структур на ореоли розсіяння ВЗВ в подрабованому масиві горних порід, представлений даними гідрогеохіміческого опробовання на наявність речовин класу легких нафтопродуктів (хлорбензол, бутілацетат, дефінелолпропан, моноетилфосфат, толуол, М-, П-, О-ксилולי і др.) по 58 гідронаблюдательним скважинам (1392 проби). Характерною особенністю вищеперечислених ВЗВ являються їх практически ідентичні фізико-хіміческі властивості: масляністі слаборастворимі в воді углеводороди, з густиною менше 1; здатні до сорбування горними породами; стійкі до біогенного і хіміческого окислення; володіють токсичним дією. Значення ПДК регламентує ГОСТ 2874-82.

Застосування програмного пакету RockWare2002 (демонстраційна повнофункціональна версія) дозволило побудувати 3D модель і візуалізувати ореол розсіяння забруднення в умовах високої тектоническої порушеності масиву горних порід.

Аналіз результатів моделювання дозволив виявити тектоническі блоки, в контурі яких сконцентровані ореоли розсіяння основних ВЗВ, границями котрих слугують вторичні синтетическі сдвиги ( $P$ -сколи) – Калининський, Кондратьєвський 1 і Байрацький северний взбросо-сдвиги (рис. 3).

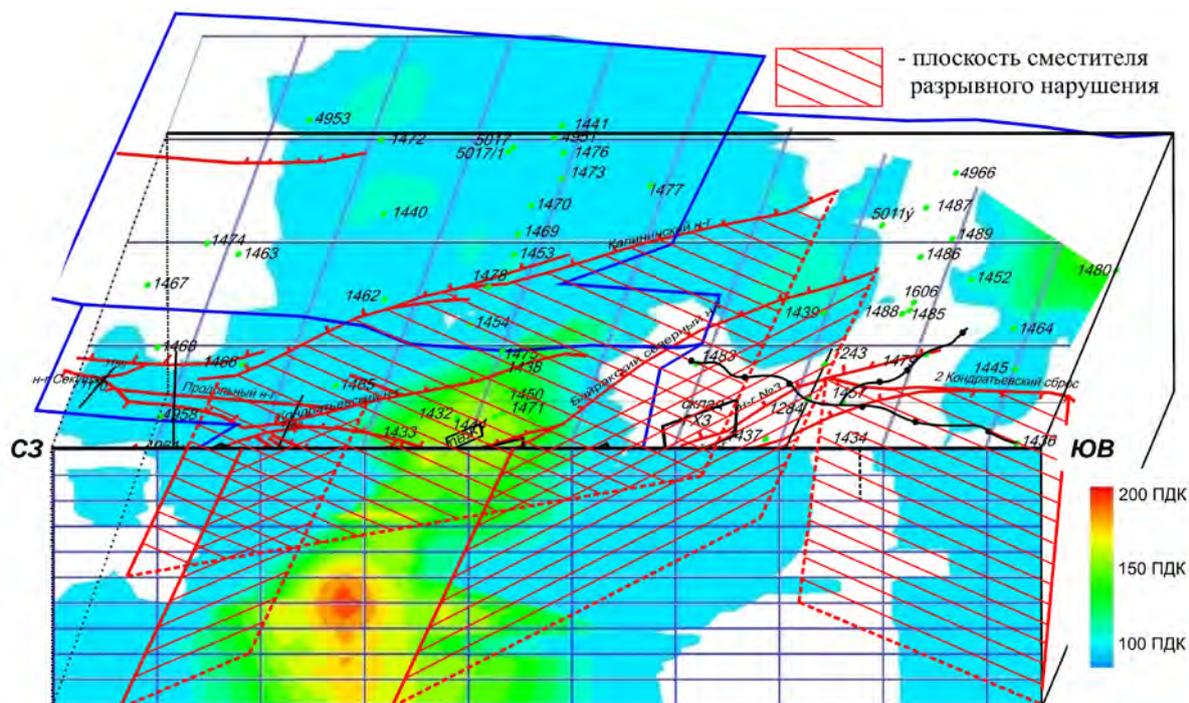


Рис. 3. Модель ореола рассеяния дифенилолпропана в тектонически нарушенном массиве

Например, в приповерхностной зоне массива (0 – 200 м) концентрации дифенилолпропана достигают 120-160 ПДК (см. рис. 3). Увеличение концентраций до 170-200 ПДК (тело максимального скопления ВЗВ) пространственно приурочено к глубинам 250-400м. Дифенилолпропан 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/дм<sup>3</sup> (220 ПДК) – проба отобрана из песчаника h<sub>1</sub>-h<sub>3</sub> и горной выработки по пласту h<sub>3</sub>. Визуализация тела загрязнения (см. рис. 3), ограничена значением в 100 ПДК. Геометрия тела загрязнения полностью наследует сходные элементы залегания Калининского, Кондратьевского и Байраковского надвигов по простиранию и падению и пространственно ограничена плоскостями их сместителей. Общее направление движения миграционного потока в блоке представляет собой «миграционный коридор», ограниченный разрывными нарушениями. Подобные закономерности распределения были выявлены и для других ВЗВ - хлорбензола, моноэтилфосфата и толуола.

Однако, в районе Кондратьевских сбросов I и II характер распределения поллютантов (рис. 4) не коррелируется с предыдущими выводами.

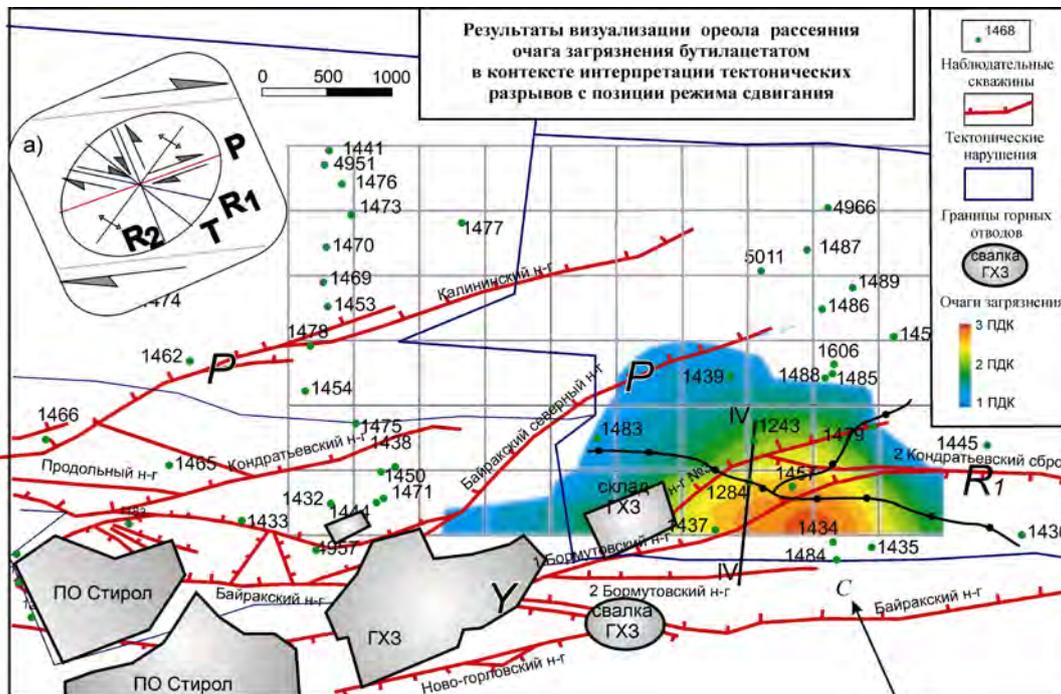


Рис. 4. Результаты визуализации ореола рассеяния бутилацетата на площади исследования, дополненные схемой тектонического сдвигообразования (а)

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. В результате совмещения геологических разрезов (см. рис. 4) с картами ореолов рассеяния поллютантов (рис. 5) 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.

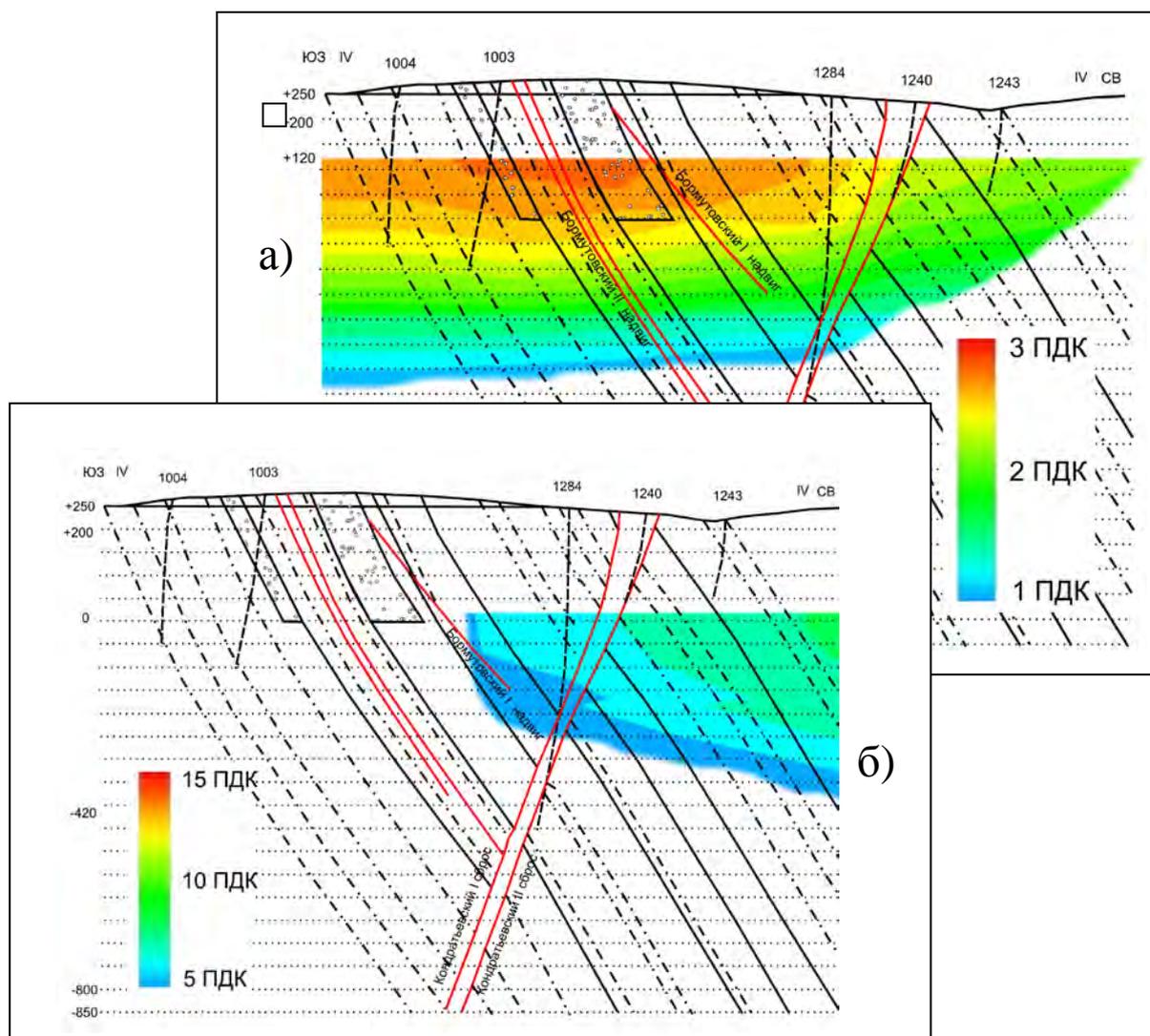


Рис. 5. Геологические разрезы по линии IV-IV: а) бутилацетат; б) О-ксилол

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

В современной геологической литературе [13] 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.

Следует обратить внимание и на то, что рассматриваемые блоки имеют различные объемы запасенной кинетической энергии и соответственно, влиять на геодинамические параметры процесса аккумуляции ВЗВ: опущенные блоки испытывают локальное растяжение, а приподнятые – локальное сжатие.

На территории исследования находятся шесть потенциальных источников загрязнения: северная и южная промплощадки ПО «Стирол», территория ГХЗ, склад ЛВЖ, склад и свалка ГХЗ (см. рис. 1, 4).

Результаты проведенного авторами регрессионного анализа позволяют наглядно показать и оценить тенденции изменения концентраций ВЗВ в зависимости от удаленности от источника загрязнения (рис. 6, 7). Следует отметить, что данные о концентрациях шести загрязнителей (ацетон, бензол, фенол, формальдегид, дефинелолпропан и МЕР) по 58 скважинам были нормированы по максимальным значениям, а расстояния измерены с учетом глубины обнаружения.

В статистическом анализе, используемом для выявления взаимосвязи набора данных, используется множество функций, которые способны аппроксимировать выборку и оценить степень связи между переменными, предлагая механизм вычисления предполагаемого значения переменной из нескольких уже известных значений. В данной работе использовались аппроксимации в виде линий тренда с линейной фильтрацией (см. рис. 6) и экспоненциальные линии тренда (см. рис. 6, 7).

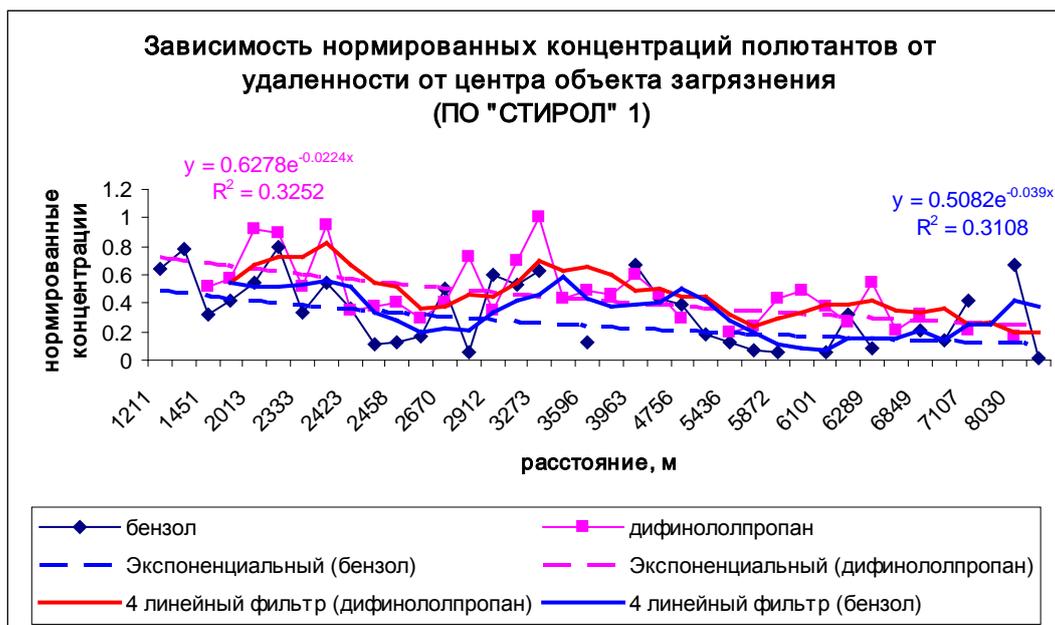


Рис. 6. Результаты регрессионного анализа взаимосвязи нормированных концентраций поллютантов и удаленности от центра источника загрязнения (ПО «Стирол»)

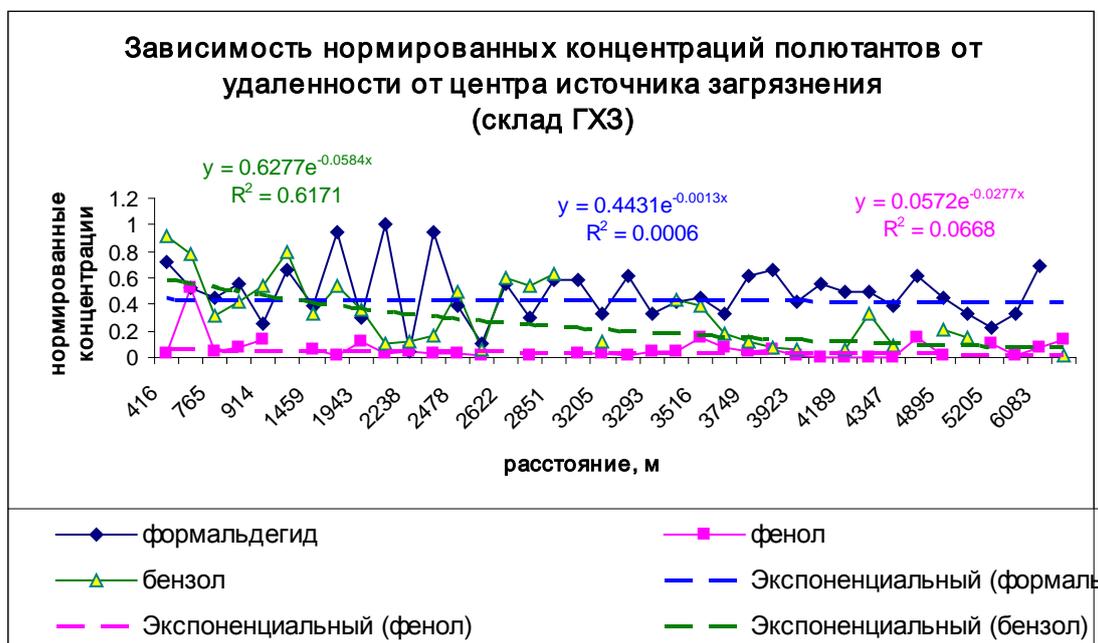


Рис. 7. Результаты регрессионного анализа взаимосвязи нормированных концентраций поллютантов и удаленности от центра источника загрязнения (склад ГХЗ)

Первые позволяют сгладить колебания данных и таким образом более наглядно показать характер зависимости на локальных участках. Вторые используются только в том случае, когда скорость изменения данных непрерывно возрастает (убывает). Экспоненциальные тренды позволили визуализировать характер распределения ВЗВ и установить, что источником утечки бензола, дефинелолпропана и МЭП является ГХЗ, фенола и формальдегида – ПО «Стирол», а ацетон мигрирует с территории свалок ГХЗ. Величина достоверности аппроксимации бензола ( $R^2=0,617$ ) свидетельствует о достаточно хорошем совпадении кривой с данными (см. рис. 7). Отсутствие взаимосвязи поступления фенола и формальдегида с территории ГХЗ также подтверждается практически близкими к нулю значениями величин достоверности ( $R^2=0,0006$ ;  $R^2=0,0668$ ). Утечки ВЗВ на исследуемой территории приводят к формированию ореолов рассеяния загрязнения горного массива с распределением концентраций поллютантов по экспоненциальному закону в зависимости от удаленности от источника загрязнения, но только в направлениях, свободных от влияния тектонических нарушений со сдвиговой компонентой смещения. Более того, поверхностные источники поступления химических соединений в массив горных пород различны, однако блоковый путь миграции идентичен.

Экспоненциальная динамика движения ВЗВ не распространяется на участки с высокой степенью малоамплитудной тектонической нарушенности (выявленные с помощью расчета коэффициента нарушенности). В последнем случае характер локальных аномалий концентрированного скопления и распределения загрязнителей в зонах тектонополос имеет более сложный вид.

**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, Байракский 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. Проанализирована зависимость концентраций контаминантов от удаленности от источника загрязнения. Установлено, что в большинстве случаев, концентрации ВЗВ снижаются по мере удаления от источника, однако на тектонически нарушенных участках, выявленная экспоненциальная зависимость теряет функциональную зависимость, что свидетельствует о влиянии дизъюнктивной тектоники на процесс распределения ВЗВ поверхностных объектов в массиве горных пород.

### СПИСОК ССЫЛОК

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. Куц; 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. Привалов В.А. Принципиальная дислокационная зона Донбасса / В.А. Привалов // Наукові праці ДонНТУ : серія гірн.-геол. – Донецьк: РІК ДонНТУ, 2001. – Вип. 36. – С. 34 – 40.
6. Дьяченко Н.А. Структуры Риделя в сдвиговой тектонике Донецкого и Львовско-Волынского каменноугольных бассейнов / Н.А. Дьяченко, В.А. Привалов // Геология і геохімія горючих копалин. – 2008. – № 4. – С. 21 – 36.
7. Sylvester A.G. Strike-slip faults // Bull. Geol. Soc. Am. – 1988. – V.100. – P. 1666 – 1703.
8. Привалов В.А. Вращение блоков и сценарий тектонической эволюции Донецкого бассейна // Геология і геохімія горючих копалин, 1998. – № 4. – С. 142 – 158.
9. Привалов В.А. Нетектонический этап в истории развития Донецкого бассейна // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірн.-геол. – 2002. – Вип. 54. – С. 38 – 50.
10. Эз В.В. К вопросу о связи трещиноватости в каменных углях Донбасса со складчатой структурой // Складчатые деформации земной коры, их типы и механизм образования. – М.: Изд. АН СССР, 1962. – С. 250 – 264.
11. Пимоненко Л.И. О возможном механизме образования разрывных нарушений на крыльях Главной антиклинали // Механика сплошных сред. – Пермь, 1980. – С. 20 – 22.
12. Дьяченко Н.О. Вплив зсувної тектоніки на деформації земної поверхні при підземній розробці вугільних родовищ : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.16 "Геологія твердих горючих копалин" / Н.О. Дьяченко. – Дніпропетровськ, 2011. – 20 с.
13. Основы нефтегазового производства [уч. пособие] / Л. П. Мстиславская, М. Ф. Павлинич, В. П. Филиппов // М.: Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2008. – 276 с.