

УДК 556.3

ВЫЯВЛЕНИЕ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ЗОНАХ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ СО СЛОЖНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТЬЮ (НА ПРИМЕРЕ ЦРД)

Дуброва Н. А., Киселев Н. Н.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Центральний район Донбасу є не лише вуглевидобувним регіоном з особливо складними умовами ведення гірничих робіт, але й центром концентрації великої кількості промислових підприємств та шкідливих виробництв. Багатофакторні техногенні навантаження (поверхневі та усередині масиву гірничих порід) обумовили необхідність вивчення процесу міграції забруднюючих речовин в наслідок ведення гірничих робіт та вкрай невдалого розташування сховищ небезпечних відходів у зонах тектонічно нарушеного гірничого масиву. У роботі розглянуті можливі шляхи міграції полутантів від поверхневих джерел забруднення у масив гірських порід на основі режимних гідрогеологічних спостережень (на прикладі шахт «Кондратьївська», ім. Калініна та «Александр-Запад»).

The Central area of Donbas is not only a coal field with the most complicated mining conditions, but also a concentration center of many industrial enterprises and hazardous industries. Multiple-factor man-induced loads (both surface and inside the rock mass) have predetermined the needs to research into the pollutant migration process as a result of mining and extreme unsuccessful location of hazardous waste sites in the zones of faulted rock mass. The paper deals with possible migration paths of pollutants from surface sources of contamination through rock mass based on geologic observations (by the examples of «Kondratievskaya», Kalinina Mine and «Alexandr-Zapad» Mine).

Вопрос загрязнения подземной гидросферы и верхней части литосферы в результате техногенной деятельности человека является объектом пристального внимания ученых всего мира [1-4]. Вредные отходы производства, промышленные стоки попадают в почвенные воды, накапливаются в водоемах, серьезно осложняя экологическую обстановку.

Особую остроту эта проблема приобретает в горнодобывающих регионах. Горные выработки и тектонические нарушения являются мощными коллекторами, обеспечивающими дренаж подземных вод и переносимых ими загрязнителей на значительные расстояния.

Ситуация значительно ухудшается если на подрабатываемой территории оказываются источники поверхностного загрязнения токсичными веществами. Последние, проникая в горные породы, взаимодействуют с подземными водами, по участкам горного массива с повышенной проницаемостью попадают в горные выработки и вместе с шахтными водами перекачиваются в поверхностные водоемы или очистные сооружения, которые не приспособлены для переработки таких веществ. Это приводит к широкомасштабному ухудшению экологической обстановки, в результате чего возникает опасность массового отравления рабочих, находящихся в загрязненных горных выработках, и создаются чрезвычайно опасные ситуации в районах формирования очагов загрязнения.

Подобное наблюдалось в 1989-1990 гг. в центральном районе Донбасса на шахтах «Углегорская», «Александр-Запад» и др. (Донецкая обл., г. Горловка), где произошло загрязнение шахтной атмосферы хлорбензолными и другими высокотоксичными соединениями, концентрации которых достигали летально опасных уровней.

Центральный геолого-промышленный район Донбасса является старейшим угольным бассейном с интенсивно развитой горнодобывающей, металлургической и химической промышленностью. На площади района расположены горные отводы 28 шахт, крупнейшее в Европе производственное объединение «Стирол», Горловский химзавод (ГХЗ), Никитовский ртутный комбинат и

целый ряд других крупных объектов машиностроительной, металлургической и коксохимической промышленности.

В структурном отношении Центральный район находится в пределах Главной антиклинали Донбасса, которая характеризуется крутым падением крыльев ($48-79^\circ$) и пологим погружением оси на северо-запад. Поля шахт «Кондратьевская», им. Калинина и «Александр-Запад» расположены в центральной части северного крыла Главной антиклинали Донбасса.

В качестве объекта исследования выбрана территория шахт «Кондратьевская», им. Калинина и Александр-Запад, горные работы которых велись под территорией Горловского химзавода и ПО «Стирол», использующих в производственном цикле весьма токсичные вещества: формальдегид, хлорбензол, толуол, метанол и др. Территория, на которой расположены склад ЛВЖ, продуктопроводы, заводские отвалы и отстойники, в течение более десяти лет неоднократно подрабатывались, что не могло не отразиться на их состоянии.

В геологическом строении шахтных полей принимают участие отложения свит C_2^3 , C_2^4 , C_2^5 , C_2^6 , C_2^7 и C_3^1 среднего и верхнего карбона, покрытые четвертичными отложениями мощностью от 0 до 15 м. Залегание свит осложнено наличием крупных надвигов – Кондратьевского (с амплитудой 70-120 м), Калининского и Байракского (с амплитудой 10-30 м). Породы свиты C_2^3 приурочены к осевой части Главной антиклинали и в центре поля шахты «Александр-Запад» образуют ряд синклиналичных и антиклиналичных прогибов.

В связи с произошедшей техногенной катастрофой, необходимо пересмотреть подходы к изучению путей миграции загрязняющих веществ, степени загрязнения подземных вод, зависимости миграционных параметров от тектонической нарушенности массива и глубины дренирования подземных вод горными работами, а также влиянию закрытия горнодобывающих предприятий и последующему подтоплению территорий. Особый практический интерес к данной работе вызван ее принципиальной новизной в эколого-технологическом и социальном отношениях, обусловленной отсутствием в мировой практике опыта подтопления и затопления участков горно-городской агломерации с высоким

уровнем техногенного загрязнения ландшафтно-породного комплекса и горного пространства высокотоксичными соединениями.

Для достоверного отображения ореолов распространения вредных загрязняющих веществ во времени и пространстве, определения вероятных путей их миграции и параметров, влияющих на скорость движения загрязнителей, построена 3D модель массива для исследуемого участка. Моделирование выполнялось на основе данных, полученных при разведке очагов загрязнения и создании сетей наблюдательных скважин ПО «Укруглегеология». В процессе моделирования использовались данные 58 скважин, расположенных на территории исследования (рис. 1).

При моделировании массива горных пород отображались отработываемые и не отработываемые угольные пласты, мощные пласты песчаников, залегающие в непосредственной близости к разрабатываемым пластам, пласты водоупорных пород и крупные тектонические нарушения.

Нижняя глубина отработанных угольных пластов находится в пределах 750-1000 м и только по шахте Александр-Запад – 450 м. Площадь изучаемой территории около 45 км² (12 км×3,75 км). Геологическое строение района достаточно сложное, с крутым падением пластов (50-70°) и высокой степенью нарушения массива тектоническими нарушениями (рис. 2),

Стратиграфическая модель горного массива представлена на рис. 3. Эллипсы большего радиуса черного и красного цвета отображают соответственно горные работы и тектонические нарушения с учетом простирания и углов падения, меньшего – не отработанные угольные пласты.

Водоносный комплекс каменноугольных отложений, определяющий гидрогеологические условия отработки угольных пластов, в пределах оцениваемой площади покрыт маломощным чехлом четвертичных отложений. Специфической особенностью водоносного комплекса являются состав и условия залегания водовмещающих пород (крутозалегающие и переслаивающиеся

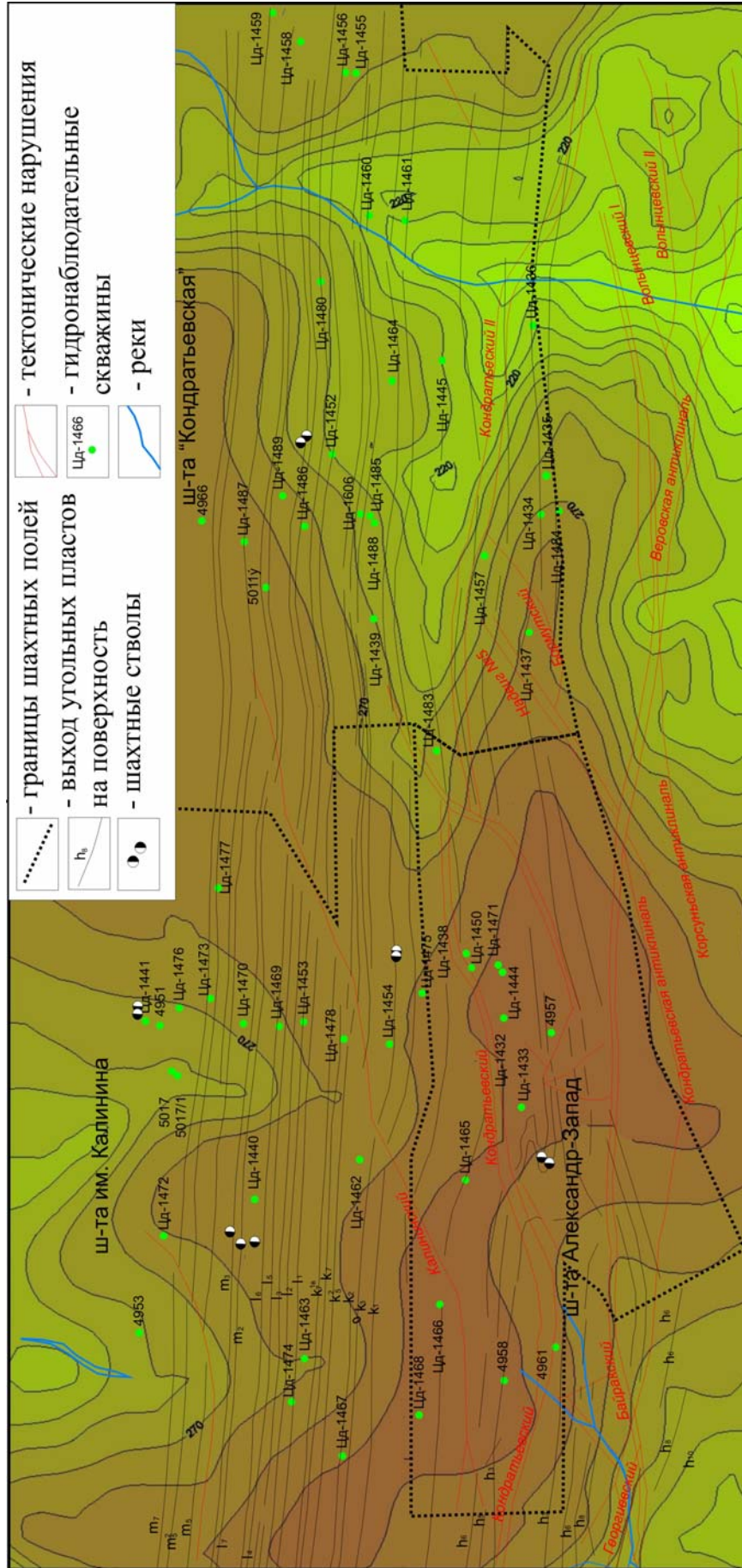


Рис. 1. Район исследования (горные отводы шахт им. Калинина, Кондратьевская, Александр-Запад)

пласты) с очень неоднородной проницаемостью, что обуславливает высокую анизотропность проницаемости пород карбона в массиве – водопроницаемость их по простиранию значительно выше, чем по падению. После ликвидации шахт методом мокрой консервации водный режим массива значительно изменился (рис. 4). Особую опасность с точки зрения загрязнения вод представляют собой мощные пласты песчаников, залегающие в непосредственной близости от разрабатываемых угольных пластов, осушенные, выходящие непосредственно на дневную поверхность. Технологические воды, попадая в подобные зоны инфильтруются практически в вертикальном направлении по завалам отработанного пласта до его нижних горизонтов.

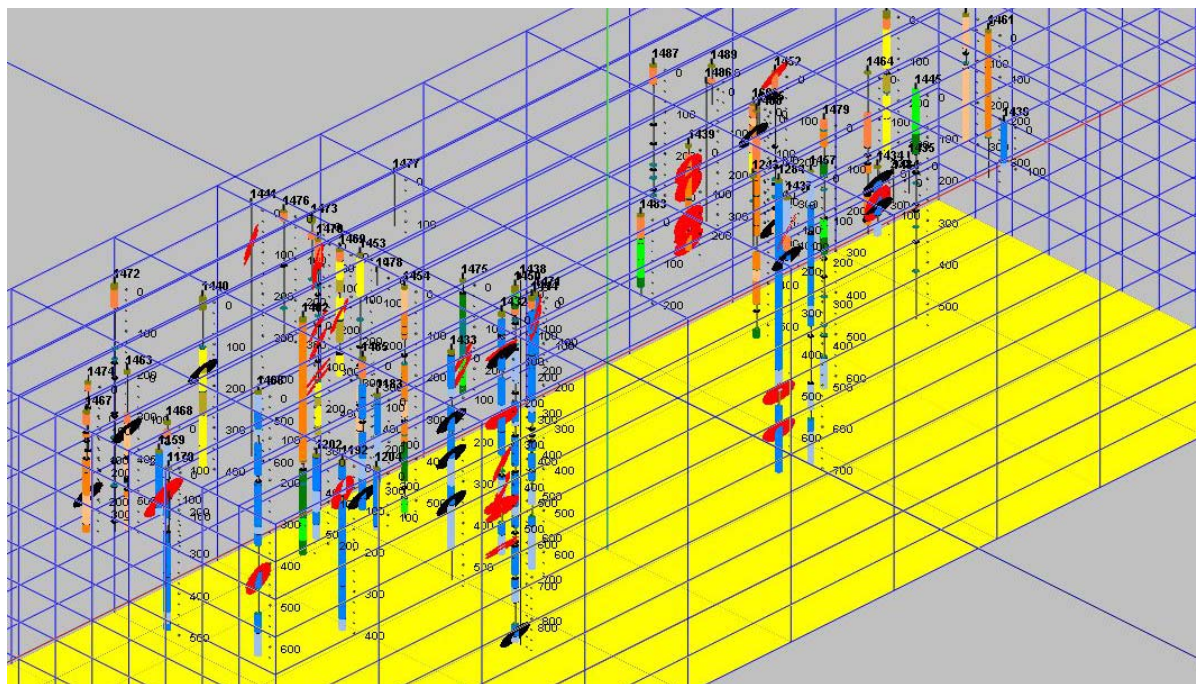


Рис. 3. Стратиграфическая модель массива горных пород на участке исследования

Подобный путь миграции загрязнителей не единственный возможный. Существует вероятность попадания их в выработки через ослабленные трещиноватые породы в зонах тектонических нарушений, т.к. площадки, где расположены вредные производства, характеризуются сложным тектоническим строением (см. рис. 2).

В работе исследовано распределение следующих органических загрязняющих веществ: ацетон, бензол, бутилацетат, дифенилолпропан, хлорбензол, О-ксилол, М-ксилол, П-ксилол, моноэтаноламин, стирол, толуол и др. Построены модели распространения загрязнителей, отображающие их нахождение как в плане так и по глубине. Для более детального изучения их распространения в местах особо сложного строения массива, построены геологические разрезы по линиям 1-4 (см. рис. 2).

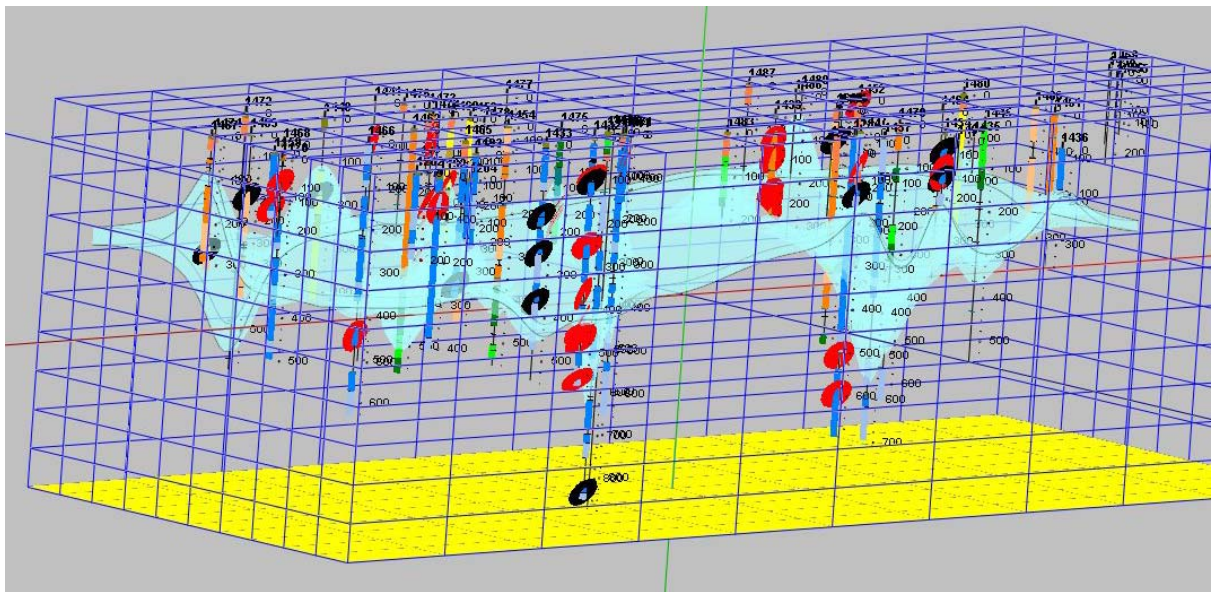


Рис. 4. Подземные воды на участке исследования

По результатам моделирования данные органические загрязняющие вещества были условно разделены на две группы по территориальному признаку их распространения и предположительно разными источникам загрязнения. К первой группе веществ, максимумы концентраций которых были обнаружены в юго-западной части исследуемой территории и предположительно источником поступления которых является ГХЗ, можно отнести летучие жидкие загрязнители (ацетон, толуол, дифенилолпропан и др.). Как пример площадного распространения загрязнителей рассмотрим дифенилолпропан, который является одним из основных загрязняющих органических веществ и обнаружен в подземных водах в значительных концентрациях. Поверхность верхней границы ореола распространения дифенилолпропана

представлена на рис. 5, а модель распространения концентраций на рис. 6. Глубина распространения загрязнителя в пределах модели от +207,9 м до -419,7 м. Максимальная концентрация – 0,42 мг/дм³ (220 ПДК) – отобрана из песчаника h₁-h₃ и горной выработки по пласту h₃. Из рис. 5 видно, что направление ореолов распространения загрязнителя соосно направлению простирации тектонических нарушений.

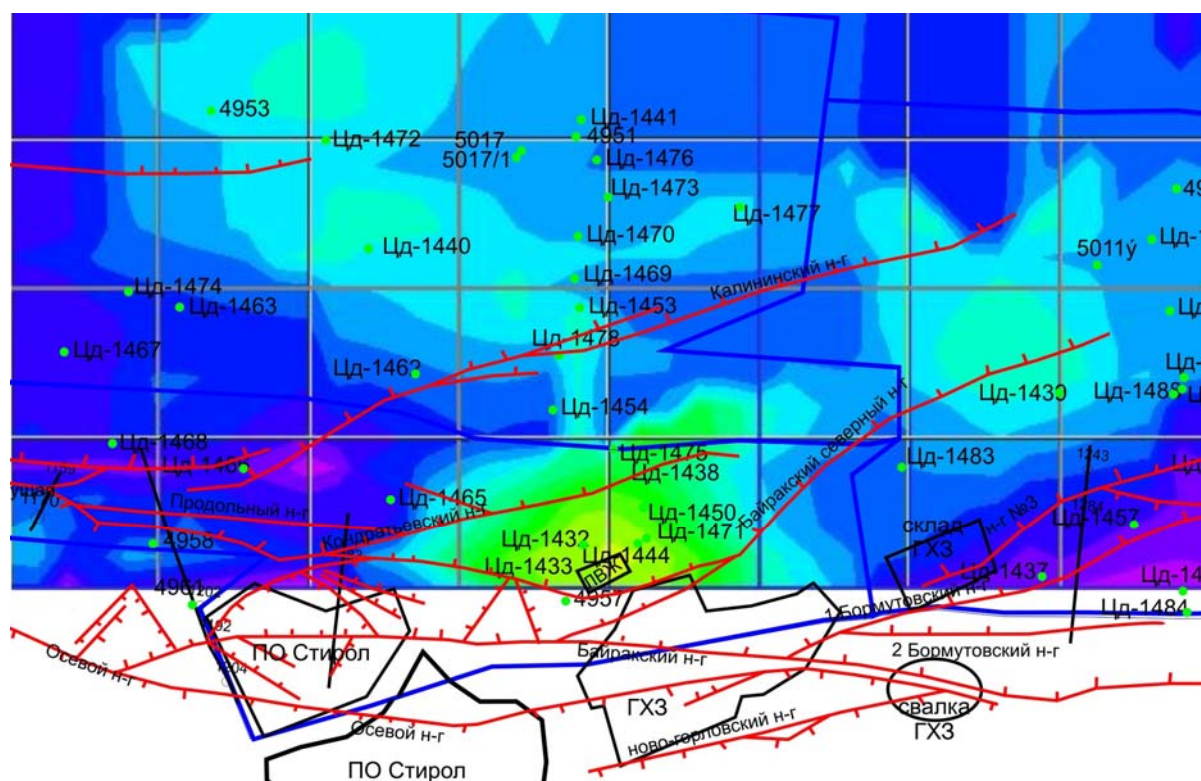


Рис. 5. Поверхность верхней границы распространения концентраций дифенилолпропана

Так ореол загрязнения между скважинами 1433-1475 параллельно надви́гу Кондратьевский, 1462-1477 – надви́гу Калининский, 1433-1486 - надви́гам Байрацкий Северный и № 5. Последние выходят на поверхность на территории ГХЗ и вероятно служат путем миграции загрязнителя с поверхности.

Максимальные концентрации О-, М- и П-ксилолов, бутилацетата и стрирола сосредоточены в восточной части исследуемого участка и образуют второй крупный очаг загрязнения. Рассмотрим поведение этих веществ на примере бутилацетата. По-

верхность верхней границы распространения имеет отметку +125 м (рис. 7). Модель распространения бутилацетата в массиве представлена на рис. 8 и охватывает интервал +125м - -419,7 м.

На разрезе (рис. 9) по линии 4-4 четко прослеживается распространение загрязнителя в направлении падения Бормутовских 1 и 2 надвигов. Способствуют распространению мощные пласты песчаников, залегающих в непосредственной близости от нарушений.

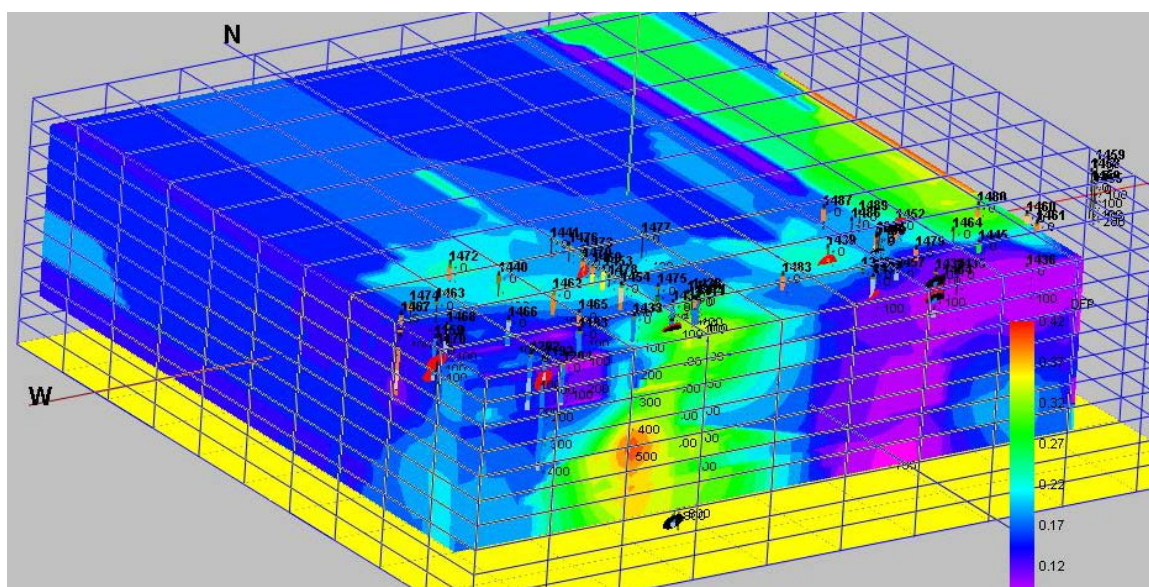


Рис. 6. Модель распространения концентраций дифенилпропана

Но данные элементы скорее всего мигрируют не со склада ГХЗ, а с его свалки, расположенной южнее рядом с выходам Бормутовских надвигов на поверхность. Не исключена возможность дальнейшей миграции этих веществ до пересечения Бормутовских надвигов с Кондратьевскими сбросами, что приведет к изменению направления распространения загрязнителя.

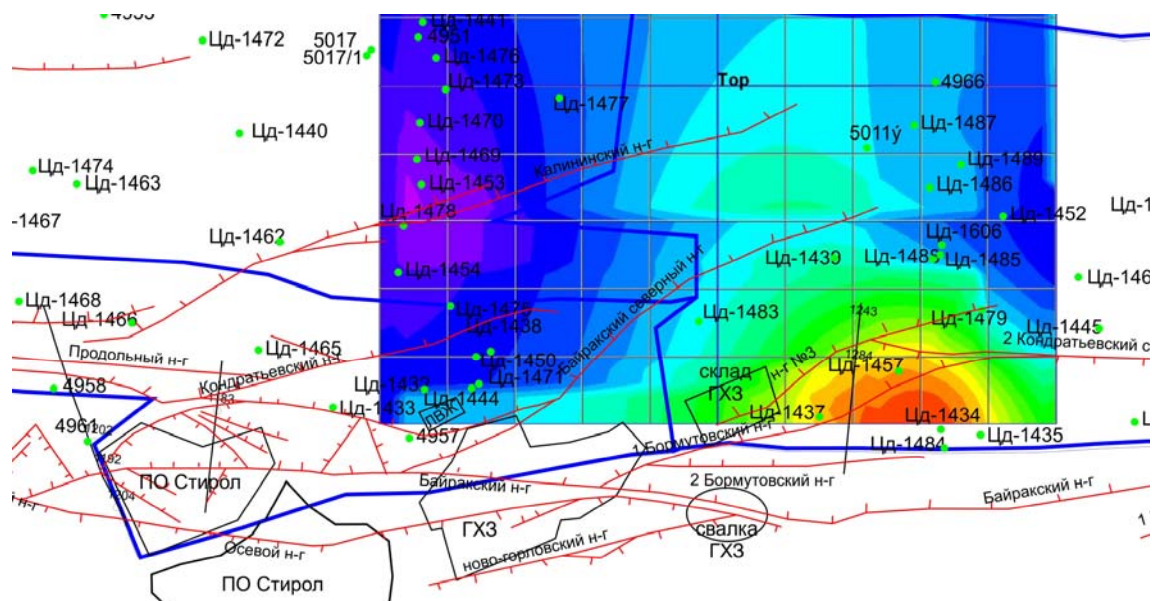


Рис. 7. Поверхность верхней границы распространения концентраций бутилацетата

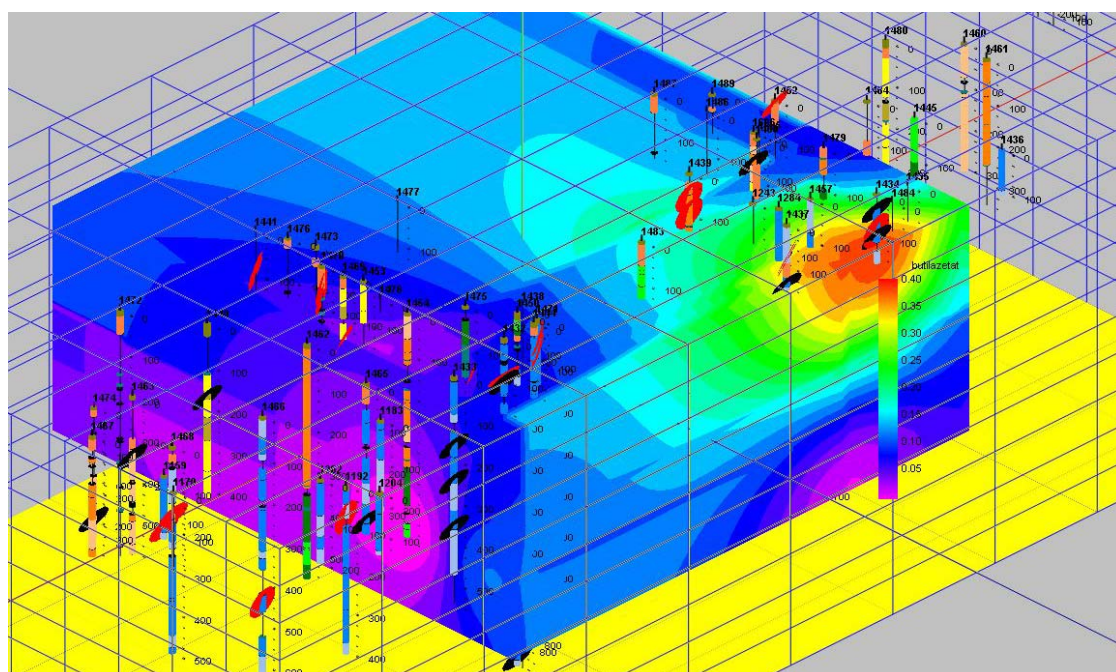


Рис. 8. Модель распространения концентраций бутилацетата

Но данные элементы скорее всего мигрируют не со склада ГХЗ, а с его свалки, расположенной южнее рядом с выходам Бормутовских надвигов на поверхность. Не исключена возможность дальнейшей миграции этих веществ до пересечения Борму-

товских надвигов с Кондратьевскими сбросами, что приведет к изменению направления распространения загрязнителя.

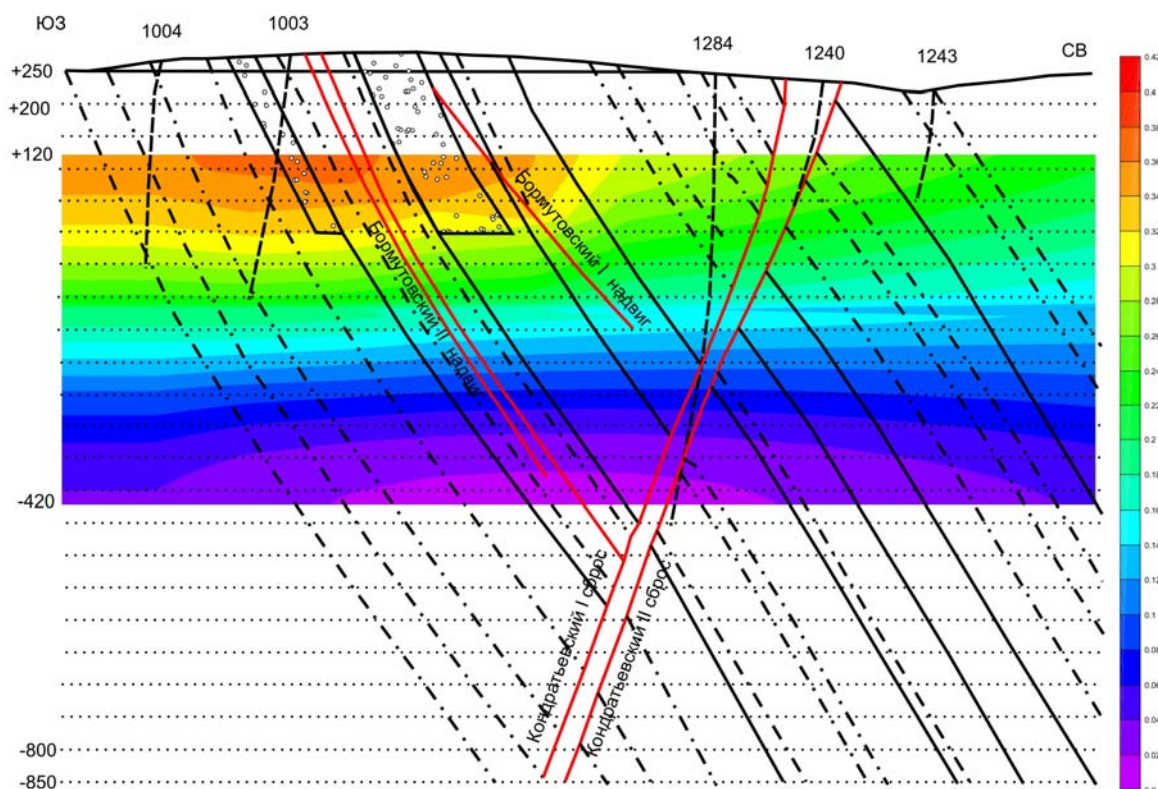


Рис. 9. Разрез по линии 4-4 – распространение бутилацетата

В соответствии с санитарными нормами степень опасности загрязнения распределяется следующим образом: с превышением ПДК до 3 – степень опасности умеренная; от 3 до 10 – высокая; от 10 до 100 – чрезвычайно высокая [5]. В связи с тем, что вся исследуемая территория является одним сплошным очагом загрязнения, целесообразно изучать ее как территорию с высокой и чрезвычайно высокой степенью загрязнения.

На основании моделей распространения концентраций органических загрязнителей можно сделать следующие предварительные выводы:

- водопроницаемость пород и тектонических нарушений по простиранию значительно выше, чем по падению;
- особую опасность представляют собой мощные пласты песчаников, залегающие в непосредственной близости от разра-

батываемых угольных пластов, осушенные, выходящие непосредственно на дневную поверхность;

– основными путями попадания загрязнителей в горный массив на территории шахт «Александр-Запад» и «Кондратьевская», являются тектонические нарушения, выходящие на поверхность непосредственно на территории ПО Стирол, свалки и склада ГХЗ;

– содержание органических соединений в подземных и шахтных водах по сравнению с поверхностными уменьшается, а площадь загрязнения увеличивается за счет растекания загрязнителей в подземных водах.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Бочеввер Р. М., Орадовская А. Е. Защита подземных вод от загрязнения. – М.: Недра, 1979. – 254 с.
2. Методы охраны подземных вод от загрязнения и истощения / Под ред. И. К. Гавич. - М.: Недра, 1985.- 286 с.
3. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н. С. Огоняк, Н. К. Парамонова, А. Л. Брикс и др. - К.: [А.П.Н.], 2006. - 278 с.
4. Baehr A. L., Corapcioglu M. Y. A compositional multiphase model for groundwater contamination by petroleum products // Water Resour. Res. №1.1987. - P. 191-200.
5. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г. Д. Беспмятнов, Ю. А. Кротов. – П., 1986. – 159 с.