

УДК 556.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАМИНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ПРОМОТВАЛОВ ГОРЛОВСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Киселев Н.Н., Филатов В.Ф., Дуброва Н.А., Квашук О.Ю.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

У статті викладено результати дослідження з використанням нових технічних засобів, ступеня забруднення геологічного середовища токсичними елементами, що містяться в промвідвалах Горлівського хімзаводу. Розглянуто їх розподіл в геологічному середовищі.

The article describes the results of research with using new equipment, of a degree of pollution of geological environment with toxic elements of the Gorlivka Chemical Factory. Distribution of toxic elements in the geological environment is considered.

По данным Государственного комитета статистики Украины, за первую половину 2006 года выбросы вредных загрязняющих веществ от стационарных промышленных источников в стране достигли 2,4 млн. тонн, что на 6,2 % больше, чем за аналогичный период 2005 года. Загрязнено 150 км² водоносных горизонтов; опасные вещества часто хранятся в отстойниках или в отвалах без надлежащей изоляции, оттуда просачиваются в грунт.

В рамках выполнения фундаментальных исследований по теме № 8/06 «Эволюция геологической среды в условиях измененной экосистемы промышленной агломерации» авторами изучается воздействие промотвалов Горловского химзавода (ГХЗ) на геологическую среду.

Горловский химзавод расположен в Центральном районе Донбасса, испытывающем значительные техногенные нагрузки, обусловленные высокой концентрацией горнодобывающего, промышленного и химического производства. Основная продукция завода – взрывчатые материалы и химические товары народного потребления. В настоящее время основное производство остановлено. Завод находится в стадии санации. Твердые отходы производства, образовавшиеся за годы работы завода, сконцентрированы в двух отвалах, расположенных на территории завода (рис. 1). Подсчитанные нами с помощью GPS оборудования объемы отвалов № 1 и № 2 составляют соответственно 211,8 тыс. м³ и 36,5 тыс. м³, а занимаемая площадь 3,2 га и 0,9 га [1]. Участок, на котором размещены отвалы, находится в границах поля шахты «Александр-Запад». Глубина ведения горных работ 450 м.

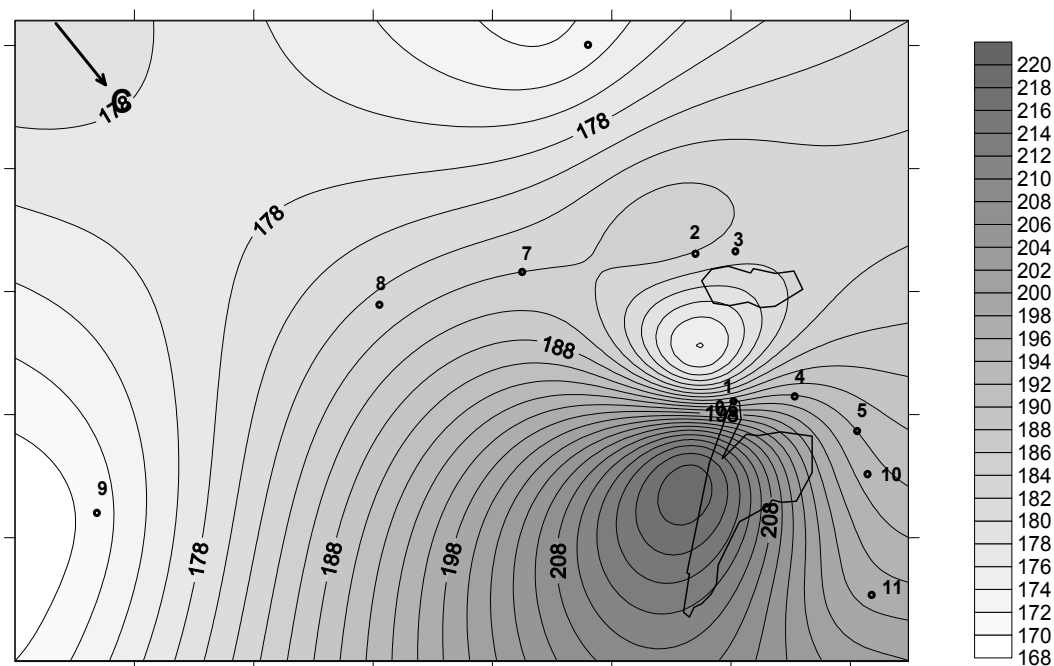


Рис. 1. Карта поверхности, расположения отвалов и скважин для отбора проб на территории ГХЗ

С целью выявления степени воздействия промотходов на геологическую среду проведены исследования контаминационных процессов в пределах вышеописанного участка, обуславливающих формирование загрязнения почв,

грунтов, подземных вод, как явления негативного изменения их качества [2].

В геологическом строении территории исследований принимают участие отложения каменноугольного возраста свит C_2^3 и C_2^2 , покрытых маломощной толщей четвертичных отложений (до 15 м). Каменноугольные отложения представлены слоями песчаников, чередующихся с алевролитами, аргиллитами, прослойками известняков и каменного угля, выходящими на поверхность.

Породы свит находятся в зоне приосевой складчатости Главной антиклинали и в центре поля шх. «Александр-Запад» образуют ряд синклинальных и антиклинальных прогибов. Залегание пород моноклинальное под углами $56^\circ-76^\circ$, осложнено наличием зоны сочленения крупных надвигов – Байракского и Байракского-Северного, а также секущих их более мелких надвигов № 14,15, 21.

Четвертичные отложения вскрыты серией экоразведочных скважин, пробуренных в зоне исследований. По результатам бурения скважин установлены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

ИГЭ 1 – глина (тяжелый суглинок), светлая, желтоватая, без вкраплений, глубина залегания 0,5 м.

ИГЭ 2 – суглинок легкий, от светло-коричневого до черного, с незначительными светлыми вкраплениями карбонатов и минералсодержащих веществ, гумуссодержащий (до 30 %), глубина залегания 0,5-1,5 м.

ИГЭ 3 – суглинок средний, темно-бурый, без вкраплений, глубина залегания 1,5 – 5,0 м.

Территория ГХЗ расположена на водоразделе с максимальными абсолютными отметками поверхности до +309,5 м. Поверхностных водоемов и водотоков в пределах участка нет. Вместе с тем, при визуальном обследовании площади работ отмечены заболоченные участки местности. Источник подтопления предположительно техногенный.

В гидрогеологическом строении района принимают участие водоносные горизонты четвертичных и каменноугольных отложений. Песчано-глинистые прослойки в суглинках имеют

линзообразный характер, залегают близко к поверхности в пределах водораздельных склонов и образуют «верховодку», уровень залегания которой и мощность изменяются в зависимости от времени года.

Общее направление подземного стока ориентировано, в основном, на север и юг от Главного донецкого водораздела.

Питание водоносных горизонтов происходит в основном за счет атмосферных осадков непосредственно в местах выхода отложений на поверхность. Области питания приурочены к водораздельным пространствам и склоновым участкам, откуда потоки подземных вод направляются в сторону ближайших долин рек и балок.

Основными движущими силами массопереноса в подземной гидросфере (миграции токсикантов в водоносных горизонтах) являются конвекция, гидродисперсия и молекулярная диффузия.

Главными факторами иммобилизации являются сорбционные и детоксикационные процессы, управляющие обменом со смежными подсистемами окружающей среды. Необходимо отметить, что относительная роль перечисленных составляющих миграции существенно меняется в зависимости как от физико-химических свойств промтоходов, так и от следующих особенностей среды: литолого-минералогического состава, наличия органических остатков и обогащенности микроорганизмами, температуры и степени аэрированности, скорости фильтрации подземных вод и др.

Особенностью исследования геологической среды в условиях промышленной агломерации является возможность реализации принципов томографии – изучения пространственного строения геологического массива путем проведения периодически повторяемых наземных и наземно-скважинных наблюдений. Это особенно важно для оценки и прогнозирования природно-техногенных процессов. В результате, возможно предвидеть катастрофически негативные процессы, что необходимо для принятия превентивных мер. Особенности трудности возникают при изучении горных отводов промышленных предприятий. К ним относятся: резкая пространственная неоднородность геологической среды, смена

физических свойств горных пород, грунтов в пространстве и времени. Указанные трудности усиливаются неблагоприятными условиями измерений физико-химических полей вследствие застройки территории, наличия асфальтового покрытия и т.д. Как правило, применение традиционных средств является малоэффективным.

Для повышения информативности изучения верхней части разреза при решении геоэкологических задач применены новые технологические решения и оборудование, позволяющие без выемки керна определять основные физико-химические параметры геологического массива, повысить качество и достоверность исследования химического состава пород, снизить стоимость работ.

Сущность способа заключается в том, что в исследуемом районе по принятой схеме компактной установкой, состоящей из двухколонной сверлильной системы с электробуром мощностью 3,4 кВт, бурового инструмента на основе легкосплавных бурильных труб, набора шнеков и электрогенератора, бурят экоразведочные скважины на глубину 30-60 м. Выполняют отбор проб из стенок скважины и их осмотр.

Предварительно с поверхности отвалов и прилегающей к ним зоны в соответствии с действующей методикой [3] и ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, а также ГОСТ 28168-89 было отобрано по 29 проб грунта на отметке 0,1 м (29х2=58 проб) и направлено на аналитические исследования для определения содержания токсичных веществ. Аналитические исследования геохимических проб производились методом спектрального анализа – по 16 элементам.

Камеральная обработка материалов заключалась в систематизации и анализе данных аналитических исследований геохимических проб, построении карт распределения концентраций токсичных веществ, а также оценки степени экологического загрязнения в соответствии с классификацией категорий опасности экологического загрязнения компонентов природной среды в районе расположения отвалов промтоходов ГХЗ.

Из всего комплекса токсичных веществ I, II и III классов опасности в пробах наиболее часто наблюдаются повышенные концентрации кадмия, свинца, цинка, мышьяка, серы. В площадном отношении аномальное загрязнение отвальной массы токсичными химическими элементами ограничено (рис. 2).

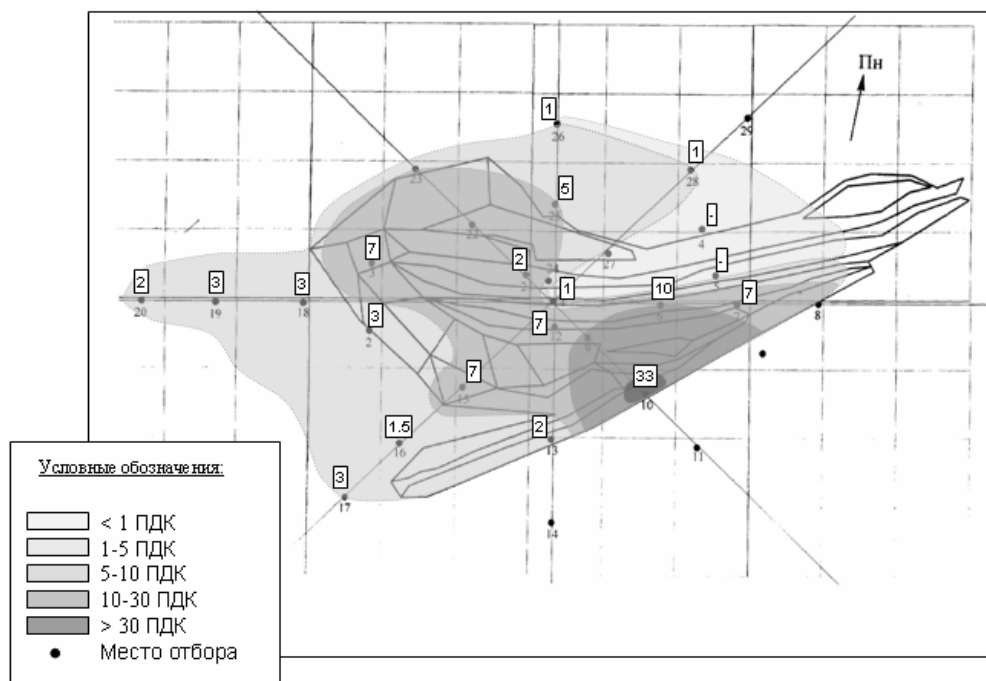


Рис. 2. Схема распределения концентраций свинца в отвале промотходов №1

Прослеживается аномальное загрязнение грунтов на участках территорий, приуроченных к западным и северо-западным краям отвалов промотходов. Скорее всего, эти локальные участки расположены на пути стока с поверхности отвалов атмосферных осадков и направлены в сторону понижений рельефа. Интенсивность загрязнения грунтов в указанных направлениях достигает от 1-5 до >50 ПДК (свинец, отвал № 1).

Выполненные работы позволили сформировать плановую сеть наблюдательных скважин с целью получения информации о состоянии геологического массива в зоне промотвалов. Руководствуясь этой сетью, с помощью бурового эколого-аналитического комплекса БЭАК произведено бурение 12 скважин. Одна скважина базовая, пробурена в теле отвала № 1 с

пересечением его подошвы. В процессе бурения скважин производили отбор проб грунтов с глубин 0,5; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 и 7,0 м.

Аналитические исследования проб грунтов и пород проводились с использованием спектрального, атомно-сорбционного и гравиметрического методов анализа на спектрографе СТЕ-1. Полученные результаты позволили построить поэлементные карты распространения токсикантов в грунтах - кадмия, мышьяка, цинка, свинца и серы на глубине 0,5 м (рис. 3).

Кадмий – элемент I класса опасности, токсичен, канцероген. Обладает высокой степенью подвижности в кислых водах. Может накапливаться в растениях до высоких концентраций. Кадмий сопутствует цинку и часто обнаруживается вместе с ним, образуя многочисленные основные, двойные и комплексные соединения. Отмечено содержание кадмия в пределах 3-16 ПДК.

Кадмий и цинк так же, как и свинец, обычно всегда обнаруживаются в сульфидных остатках.

Свинец – элемент I класса опасности, канцероген. Растворимость его соединений низкая, наиболее сильная миграция в кислой среде почти исключительно в виде двухвалентного иона. Он легко сорбируется из водных растворов различными органическими веществами, гидроокислами Fe, Mn, Al, тонкодисперсными глинистыми частицами. Содержание свинца в пробах 1,5-33 ПДК.

Мышьяк – элемент II класса опасности. Легко мигрирует, чему способствует достаточно высокая растворимость его соединений в воде. В отобранных пробах его содержание составляет 50-100 ПДК.

Образование соединений серы приводит к сильным изменениям кислотности водоемов и почв. В результате увеличивается растворимость в них тяжелых и токсичных металлов, изменяется биохимическая структура почвы. Из рисунка 3 следует, что транзит растворенного стока и взвесей осуществляется в направлении овражно-балочной сети, что хорошо прослеживается на примере кадмия и цинка, чуть слабее – свинца.

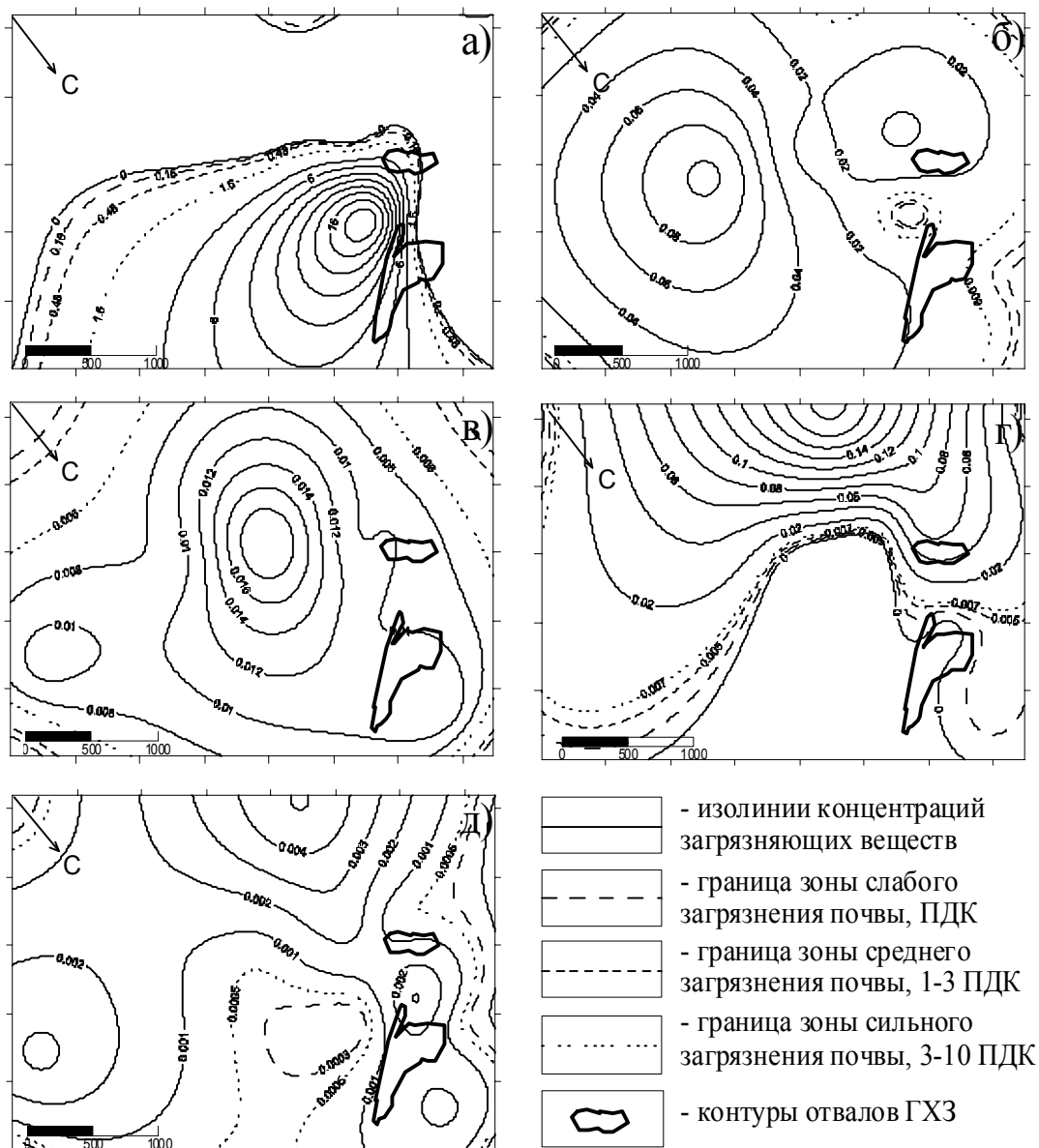


Рис. 3. Карты поэлементного распределения концентраций загрязняющих веществ на территории ГХЗ

Смывые токсиканты, подобно радионуклидам, перемещаются по эрозионной сети на более низкие гипсометрические уровни, образуя, таким образом, зоны аккумуляции («ловушки») [4]. Однако не всегда можно проследить эту тенденцию, в связи с тем, что наряду с геоморфологическим фактором, как правило, оказывают влияние и такие факторы, как сорбционно-емкостные свойства почвы и

грунтов, кислотно-щелочная обстановка, а также наличие геохимических барьеров.

В разрезе исследуемой площадки присутствуют сорбционные геохимические барьеры, каковыми являются суглинки и глины. У глин и глинистых суглинков наиболее интенсивно проявляются сорбционные свойства и низкая фильтрующая способность. Вероятно, с этим связаны и максимумы концентраций мышьяка, серы и свинца вблизи отвалов и вдоль водораздельного пространства.

В городских условиях характерными сорбируемыми контаминантами являются тяжелые металлы, из которых наиболее токсичными являются свинец, ртуть, кадмий, цинк. По прочности сорбционных связей тяжелые металлы последовательно располагаются в ряду: $Cd < Ni < Zn < Pb < Cu$, так что Cd способен мигрировать более интенсивно по сравнению с другими тяжелыми металлами, и при общем подходе к оценке уязвимости грунтовых вод к загрязнению можно рассматривать Cd в качестве расчетного контаминанта, имея в виду, что его растворимые органические формы образуют устойчивые хелатные соединения с ПАВ [5], а также учитывая низкие значения ПДК для Cd в питьевой воде.

При характерных значениях объемного коэффициента распределения K_d^0 и инфильтрации $w=100$ мм/год получаются следующие значения времени миграции Cd: через слой 1 м пород зоны аэрации: в песках ($k=1$ м/сут) - 35 лет, в супесях ($k=0,1$ м/сут) - 75 лет, для суглинков ($k=0,01$ м/сут) - 150 лет, для глин ($k=0,001$ м/сут) - 250 лет; через слой 1 м почвы дерново-подзолистой песчано-супесчаной и суглинистой - 100 лет и 200 лет, серой лесной - 500 лет, чернозема лесостепи - 5000 лет [6].

Как видно, определяющую защитную роль здесь играют, прежде всего, почвенные слои. Затем уже следует рассматривать защитные свойства, определяемые составом пород зоны аэрации, имея в виду возможность значительного увеличения времени переноса сорбируемых контаминантов в глинистых породах по отношению к песчаным [2].

Степень экологического загрязнения характеризует коэффициент концентрации химического вещества (K_c), который

определяется отнесением его реального содержания в почве (C) к фоновому (C_{ϕ}):

$$K_c = \frac{C}{C_{\phi}} \quad (1)$$

и суммарный показатель загрязнения Z_c :

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c^i - (n - 1), \quad (2)$$

где K_c^i – коэффициент концентрации i -го элемента-загрязнителя; n – число примесей, учтенных при расчете [7].

Для исследуемого горизонта 0,5 м среднее значение $Z_c=310$, что согласно классификации по данному показателю соответствует чрезвычайно опасной категории загрязнения (рис. 4). Полученные предварительные результаты будут направлены на дальнейшее изучение геоэкологической ситуации промышленной агломерации, расширение сети наблюдательных скважин с целью установления закономерностей распространения токсических веществ.

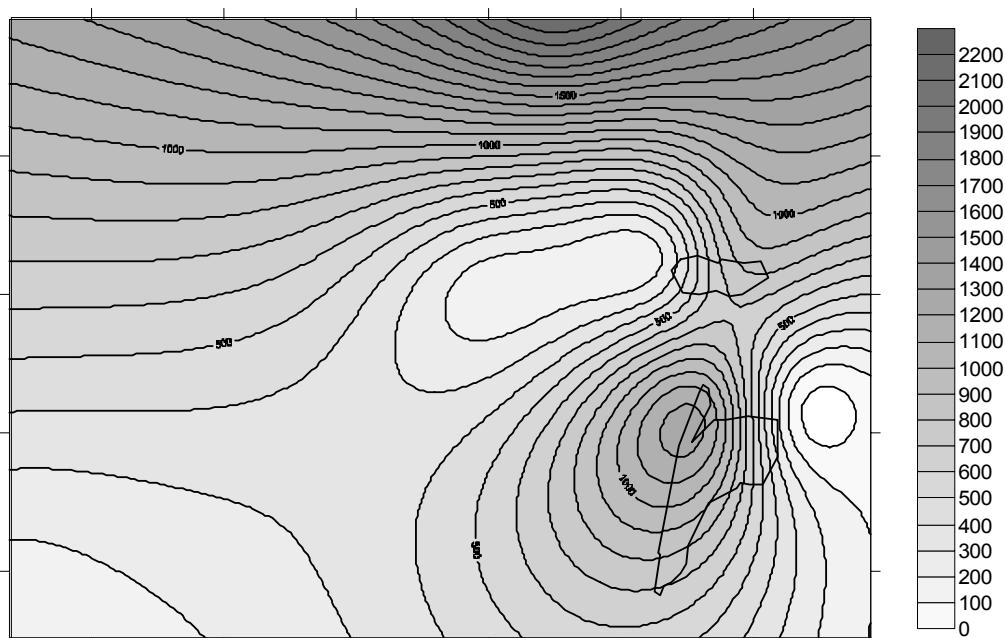


Рис. 4. Карта распределения концентраций загрязняющих веществ на территории ГХЗ на основе суммарного показателя загрязнения Z_c

ВЫВОДЫ

1. Применены новые технологические решения и оборудование, позволяющие без выемки керна определять основные физико-химические параметры геологического массива, повысить качество и достоверность исследования химического состава пород, снизить стоимость работ.

2. Сформирована плановая сеть наблюдательных скважин с целью получения информации о состоянии геологического массива в зоне промывалов. С помощью бурового эколого-аналитического комплекса БЭАК произведено бурение 12 скважин. В процессе бурения скважин произведен отбор проб грунтов.

3. Полученные результаты химического анализа позволили построить поэлементные карты распространения токсикантов в грунтах. В отвальной массе промывалов и на прилегающей территории концентрации токсичных химических элементов I, II и III классов опасности значительно превышают ПДК.

4. Установлено, что основными факторами, контролирующими процесс контаминации, являются геоморфологические и климатические условия, сорбционно-емкостные свойства почвы и грунтов, кислотнo-щелочная обстановка, а также наличие геохимических барьеров.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Анализ результатов научных достижений в вопросах исследования влияния изменений экосистемы промышленной агломерации на геологическую среду. Разработка способов и средств исследования геологической среды ВЧР в зонах проникновения загрязняющих веществ: Отчет о НИР (промежуточный)/УкрНИМИ; Руководители Е.И. Питаленко, Н.Н. Киселев. - № 01051U007890. – Донецк, 2006.
2. Шестаков В.М. Моделирование контаминационных процессов. //Физико-химическая геодинамика: Курс лекций.

- Ч.2. - <http://info.geol.msu.ru/db/msg.html?mid=1178553&uri=part-1.html>.
3. Методика апробирования текущих отходов обогащения углей и породных отвалов угольных шахт и углеобогачительных фабрик. – Пермь, 1982.
 4. Чернобыльская катастрофа / Под ред. В.Г. Барьяхтара. – <http://stopatom.slavutich.kiev.ua/1-3-1a.htm>.
 5. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: 3-е издание. – М.: Астрей-2000, 1999.
 6. Пашковский И.С. Принципы оценки защищенности подземных вод от загрязнения.//Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. трудов. конф-ции. – СПб.: СПбГУ, 2002. – С. 122-123.
 7. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. - № 4266-87. – М., 1987.