

УДК 556.314:628.24

## К оценке влияние полигонов твердых бытовых отходов на подземные воды

Миняйло Е. Э., Выборов С. Г.\*

*ДонНТУ, Донецк, Украина*

Поступила в редакцию 28.04.09, принята к печати 13.12.09.

### **Аннотация**

В результате антропогенной деятельности природные воды испытывают негативное воздействие, следствием которого является изменения их естественного химического состава. Полигоны твердых бытовых отходов являются опасными источниками загрязнения окружающей среды. Вокруг полигона ТБО формируется закономерно-построенный ореол замещения природных вод антропогенными. В пределах ореола воздействия фиксируется закономерная дифференциация макро- и микрокомпонентов подземных вод. Для определенных зон характерен свой набор макро- и микрокомпонентов.

Ключевые слова: химический состав, твердые бытовые отходы, вода.

Одной из актуальной задач современности является организация рационального природопользования, включая использование и охрану подземных вод, которые являются одним из основных компонентов природной среды. Подземные воды являются всенародным достоянием и ценнейшим полезным ископаемым.

Полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) являются опасными источниками загрязнения окружающей среды. Особенно те из них, которые не оборудованы противодиффузионным экраном и эксплуатируются без должной изоляции инертным материалом и без необходимого уплотнения отходов. Таких полигонов в пределах Донецкой области подавляющее большинство. Экологические и санитарно-гигиенические проблемы в связи с их эксплуатацией практически одинаковы – это негативное воздействие на все компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, почво-грунты, поверхностные и подземные воды, грунты основания и водовмещающие породы, растительный и животный мир, население прилегающих территорий. Комплексность данного воздействия проявляется также в том, что загрязнение носит поликомпонентный характер, то есть в окружающую среду со стороны полигонов ТБО различными путями поступают различные вещества весьма широкого спектра. Перечень компонентов-загрязнителей при этом постоянно увеличивается в связи с расширением потребительских возможностей населения и развитием технологий, расширяющих спектр применяемых веществ. Размеры ореолов и интенсивность загрязнения в их пределах определяются, прежде всего, технологией эксплуатации полигона и ландшафтно-геохимическими условиями его размещения.

Приведение полигонов твердых бытовых отходов в экологически безопасное состояние является весьма актуальной задачей, которая должна решаться на основе анализа всех факторов негативного влияния с оценкой его масштаба и интенсивности. Одним из основных объектов этого влияния являются подземные воды прилегающих к полигонам территорий.

Для оценки и прогноза качественного состояния подземных вод территорий размещения полигонов ТБО необходимо изучение основных механизмов взаимодействия складываемых отходов с подземной гидросферой и определение основных параметров загрязненных вод.

---

\* E-mail: ggf@mine.dgtu.donetsk.ua

Под механизмом взаимодействия складированных на полигонах бытовых отходов и подземной гидросферой понимается процесс постепенного замещения природных вод водами антропогенного происхождения, то есть закономерное необратимое изменение их макро- и микрокомпонентного состава [1].

В ТБО изначально всегда в достаточном количестве присутствует вода, что обусловлено высокой влажностью пищевых отходов. Однако основная подпитка тела отходов водой происходит за счет атмосферных осадков. В результате давления вышележащих масс отходов, а также под действием гравитации, эта вода отжимается и в основании полигона формируется своеобразный водоносный горизонт. Вода этого горизонта называется фильтратом, который представляет собой сложную по химическому составу полупрозрачную жидкость от желтовато-бурого до темно-коричневого цвета с ярко выраженным неприятным запахом биогаза – продукта разложения пищевых отходов.

Далее фильтрационный поток со стороны полигона продвигается сквозь толщу водовмещающих пород. Химически агрессивные с явно выраженной кислотной реакцией (рН около 6) воды, попадая в водоносные горизонты, нарушают сложившееся равновесие в системе вода – вмещающая порода. При этом под действием техногенных вод происходят интенсивные эпигенетические преобразования водовмещающих пород. Неизбежно, химически агрессивная вода приводит к изменению их структурно-вещественных параметров до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие в системе раствор-порода. В результате вокруг очага загрязнения формируется ореол эпигенетического замещения водовмещающих пород, имеющий закономерное внутреннее строение. Породы, изменяясь под действием техногенеза, локализуют данный негативный процесс в пределах ограниченного пространства, аккумулируют большие объемы загрязнителей, которые слагают минеральную основу и определяют геохимическую специализацию вновь образующихся эпипород.

Таким образом, в этих обменных процессах горные породы выступают в роли естественного фильтра для воды, которая при этом очищается, становится по ионно-солевому составу близкой к природной.

Если рассмотреть взаимодействующую систему вода-порода в направлении от источника, то можно установить определенную зональность, выраженную в закономерной смене ионно-солевого состава подземных вод. Вокруг полигона ТБО формируется закономерно-пространственный ореол замещения природных вод антропогенными. В пределах ореола воздействия фиксируется закономерная дифференциация макро- и микрокомпонентов подземных вод. Для каждой из зон характерен свой набор макро- и микрокомпонентов.

Общая направленность антропогенного замещения сводится к формированию гидрохимической зональности вод в направлении от источника: хлоридные магниевонатриевые → гидрокарбонатно-хлоридные магниевонатриевые → хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные магниевонатриевые → гидрокарбонатно-сульфатные магниевонатриевые → сульфатно-натриевые → гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые → гидрокарбонатные натриево-кальциевые (соответствуют пресным водам зоны гипергенеза). В этом же направлении отмечается снижение уровня минерализации в среднем от 8-9г/дм<sup>3</sup> до 0,5-1,5г/дм<sup>3</sup>. Поэтому представленная зональность полностью подчинена степени растворимости солей в воде. Наиболее растворимые хлориды натрия и магния устойчивы в растворах с высоким уровнем минерализации, падение которой способствует растворению содовой составляющей (гидрокарбоната натрия), мирабилита (сульфата натрия), гипса. Это основные минералы, которые отмечаются визуально и легко устанавливаются химическим анализом в зонах эпигенетического замещения пород зоны аэрации и водовмещающих пород.

Гидрогеохимические параметры техногенных вод определяются набором макро- и микрокомпонентов. При этом макрокомпоненты определяют солевой состав вод, к ним относятся вещества, содержания которых превышают 10 мг/дм<sup>3</sup>, – это гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, реже нитраты, фториды, фосфаты, карбонаты, а также ионы кальция, магния, натрия, реже железа. Микроэлементы характеризуют гидрогеохимическую специализацию вод, их концентрация не превышает 10 мг/дм<sup>3</sup>. Данное деление условно, однако имеет под собой определенное обоснование. Содержание макрокомпонентов в воде более устойчиво. Оно имеет относительно равномерное распределение в пределах водоносного горизонта. Их концентрации изменяются постепенно. Распределение микроэлементов в

пределах водоносных горизонтов носит неравномерный дискретный характер. Высокие концентрации на незначительном расстоянии сменяются низкими, с разницей в 100 и более раз. Несмотря на это, микрокомпоненты закономерно локализуются в пределах эпигенетических ореолов, концентрируясь в определенных зонах [2].

Это обусловлено тем фактором, что по отношению к любому природному или техногенному процессу замещения все макро- и микрокомпоненты подразделяются на:

- главные, контролирующие очаги загрязнения, содержание которых в пределах аномальных участков превышает предельно допустимые концентрации (ПДК);
- второстепенные, сопутствующие элементы, содержания которых не превышают ПДК, однако отмечается их привнос в аномальную зону по отношению к геохимическому фону. Концентрация данных элементов растет с увеличением содержания главных элементов – загрязнителей;
- нейтральные, инертные элементы, концентрация которых не меняется в процессе загрязнения, то есть остается в пределах фона;
- деконцентрирующиеся элементы, которые испытывают вынос из ореолов загрязнения под действием техногенных факторов. Они могут формировать на периферии основного ореола загрязнения вторичные ореолы или располагаться в его внешних зонах [2]. Существует закономерность: чем масштабнее и полнее проявлен процесс замещения, тем отчетливее наблюдается дифференциация элементов, и тем более, определеннее выделяются элементы выше представленных групп.

Типичным представителем большинства полигонов ТБО является свалка в Орджоникидзевском районе г. Мариуполя, расположенная на левом берегу р. Кальмиус.

Подземные воды в районе этой свалки ТБО заключены в различных литолого-стратиграфических горизонтах, образуя безнапорный комплекс водоносных пород, характеризующийся неоднородной проницаемостью в разных местах, единой уровневой поверхностью, направлением движения подземного потока и т.д. Комплекс является незащищенным от химического и микробного загрязнения вследствие отсутствия в кровле непроницаемых пород, а также малой величины зоны аэрации.

Уровневый режим водоносного комплекса испытывает техногенное влияние свалки:

- неровности рельефа, образующиеся в процессе отсыпки отходов, обилие замкнутых понижений способствуют застаиванию атмосферных осадков, затрудняют поверхностный сток и тем способствуют дополнительному питанию грунтово-техногенных вод;
- высокая пористость отходов способствует интенсивному просачиванию осадков, талых вод, что также увеличивает дополнительное питание подземных вод и вызывает повышение их уровневой поверхности;
- высокая влажность отходов, складываемых на свалке, способствует пополнению подземных вод за счет влаги, образующейся при уплотнении отходов и просачивающейся под действием силы тяжести.

Таким образом, уровневый режим горизонта зависит от многих факторов, в основном – техногенного характера. Режим горизонта нарушенный. Воды, просачивающиеся через тело свалки, образуют фильтрат, характеризующийся специфическим составом и свойствами, который, смешиваясь с водоносным горизонтом загрязняет последний. Местами (в локальных понижениях тела свалки и на левом берегу р.Кальмиус) фильтрат выклинивается на земную поверхность в виде мочажин, родников и смешивается с поверхностными водами.

Вовлеченный в процесс загрязнения спектр макро- и микрокомпонентов весьма широк. В процессе техногенеза происходит закономерная дифференциация компонентов-загрязнителей, их перенос и локализация. Образующийся в основании свалки фильтрат, как исходный интенсивно загрязненный субстрат в процессе инфильтрации смешивается с грунтовыми водами, постоянно очищается, фильтруясь сквозь толщу водовмещающих пород, загрязняя и преобразуя их первичный состав, разбавляется природными грунтовыми водами аллювиального горизонта. В местах выхода на поверхность эти загрязненные воды образуют небольшие участки интенсивного загрязнения почво-грунтов, и далее стекают в р. Кальмиус.

В реке происходит дальнейшая дифференциация макро- и микрокомпонентов при смешивании различных по физико-химическим, главным образом окислительно-восстановительным, параметрам вод. Загрязненные фильтратом воды из восстановительной, глеевой, а местами и сероводородной обстановки попадают на поверхность в условия избытка кислорода. Происходят окислительные процессы, сопровождающиеся выпадением в осадок преимущественно коллоидообразующих частиц, представленными в основном гидроокислами Fe, совместно с которыми происходит отложение большой группы макро- и микрокомпонентов, закономерно зонально по отношению к источнику загрязнения концентрирующихся в донных отложениях. При этом уровень загрязнения речной воды значительно снижается.

Загрязнение грунтовых вод продвигается согласно направлению их движения. В процессе продвижения ореола загрязнения грунтовых вод происходит расширение ореола эпигенетического изменения водовмещающих пород, при котором изменяются не только их минералого-геохимические, но и физико-механические параметры, что несет опасность для устойчивости различных коммуникаций, зданий и сооружений.

Характер и высокая интенсивность процесса загрязнения подтверждается анализом корреляционных связей между гидрохимическими параметрами всех опробованных типов поверхностных вод прилегающей к свалке ТБО территории. Среди них отчетливо выделяется три однородных типа вод:

1. Воды, отчетливо загрязненные фильтратом, между гидрогеохимическими параметрами которых устанавливается жесткая положительная корреляционная связь с вероятностью, близкой к 100%. Здесь отмечается высокий уровень суммарного загрязнения. Отчетливо устанавливаются аномальные концентрации для широкого спектра макро- и микрокомпонентов.
2. Воды, без внешних признаков загрязнения фильтратом. Они имеют достаточно близкие гидрохимические параметры по отношению к пробам 1-й группы. Однако отличаются низким уровнем концентрации макро- и микрокомпонентов и значительно меньшей степенью загрязнения.
3. Поверхностные воды р. Кальмиус, в которые непосредственно попадает фильтрат. Их гидрохимические параметры резко отличаются от первых двух групп, т.е. загрязненные фильтратом воды, смешиваясь с поверхностными водами, резко меняют свой химический состав. При этом увеличивается уровень загрязнения исходных поверхностных вод, а гидрохимические параметры резко изменяются. Данный тип воды характеризуется переходным неравновесным состоянием. При удалении от источника загрязнения вода приходит в физико-химическое равновесие и соответствует воде второй группы.

Характерными компонентами для вод первой и второй групп являются хлориды, сульфаты, железо, марганец, селен, никель, ртуть, свинец, натрий, фосфаты, СПАВ, алюминий, что ведет к повышению в значительной степени показателей минерализации и жесткости. В тысячи раз здесь превышаются предельные концентрации фенолов. По анионному составу загрязненные фильтратом воды являются сульфатно-хлоридными или хлоридно-сульфатными. Железо является преобладающим катионом, замещающим натрий.

С водами третьей группы связан следующий спектр элементов: сульфаты, натрий, фтор, СПАВ, нефтепродукты, Fe, Mn, Ni, Bi, Ge, Zr, Sr. Максимальные концентрации отмечаются для Fe, концентрация которого в загрязненных фильтратом водах превышает ПДК в 3500 раз.

Загрязнению также подвергаются подземные воды преимущественно аллювиального водоносного горизонта. В скважинах, вскрывших данный горизонт, в районе дренажной канавы к северо-востоку от автодороги отмечается чрезвычайно высокий уровень суммарного загрязнения. Здесь отмечается превышение ПДК для: минерализации до 12,2 раз; Na до 1,6 раз; Cl до 7,4 раз;  $SO_4^{2-}$  до 5,8 раз; жесткости до 5,3 раз; Fe до 1566,3 раз; Mn до 4,6 раз; Al до 3,2 раз; F до 2,5 раз;  $NH_4$  до 1,1 раз; Cd до 7 раз; Pb до 5,2 раз; Hg до 1,8 раз; Ni до 3,5 раз; Bi до 1,8 раз; Se до 3,7 раз; фосфатов до 1,12 раз.

На территории, прилегающей к полигону ТБО, выделена последовательная смена типов подземных вод по анионному составу (в направлении от свалки): хлоридные, сульфатно-

хлоридные и хлоридно-сульфатные воды. По катионному составу наблюдается следующее последовательное замещение: железистые, натриевые, кальциево-магниево-натриевые воды.

Таким образом, основным источником загрязнения поверхностных и подземных вод исследуемого района является фильтрат, образующийся в основании свалки ТБО. Поэтому для предупреждения его образования в больших объемах необходимо производить регулярное уплотнение и изоляцию суглинками поверхности тела отходов. При организации полигонов ТБО необходимо предусматривать гидроизоляцию их основания и систему отвода, сбора и обеззараживания фильтрата. На действующих свалках и полигонах необходимо в качестве первоочередных мероприятий организовать перехват загрязненных фильтратом вод, их сбор и обеззараживание.

Реализация этих мероприятий снизит уровень негативного воздействия свалок и полигонов ТБО на водную среду прилегающих территорий. Однако при этом сохранится ореол эпигенетического замещения, который длительное время будет служить вторичным источником загрязнения вод.

### Библіографічний список

1. Выборов С.Г., Лаврушко А.С., Рудченко Е.А., Миняйло Е.Э. Гидрогеохимическая проявленность ореолов техногенного замещения подземных вод в связи с Ларинским полигоном ТБО г. Донецка // Наукові праці ДонНТУ, сер. Гірничо-геологічна, вип. 6(125). 2007. С. 163-169.
2. Выборов С.Г., Павелко А.И., Щукин В.Н. Эпигенетические изменения водовмещающих пород под действием техногенных факторов // Наукові праці ДонНТУ, сер. Гірничо-геологічна, вип. 81. 2004. С. 56-61.

© Миняйло Е. Э., Выборов С. Г., 2010.

### Анотація

В результаті антропогенної діяльності природні води випробовують негативну дію, наслідком якої є зміни їх природного хімічного складу. Полігони твердих побутових відходів є небезпечними джерелами забруднення довкілля. Довкола полігону ТБО формується закономірно-побудований ореол заміщення природних вод антропогенними. В межах ореолу дії фіксується закономірна диференціація макро- і мікрокомпонентів підземних вод. Для певних зон характерний свій набір макро- і мікрокомпонентів.

Ключові слова: хімічний склад, тверді побутові відходи, вода.

### Abstract

As a result of anthropogenous activity natural waters have negative influence, which consequence is changes of their natural chemical compound. Ranges of a firm household waste are dangerous sources of environmental contamination. Round range wastes polygon the is natural-constructed aura of replacement of natural waters is formed by the anthropogenous. Within an influence aura the natural differentiation macro- and microcomponents of underground waters is fixed. For certain zones the set macro- and microcomponents is characteristic.

Keywords: chemical compound, household waste, water.