

УДК 504.054:574.3

## ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ИХ РЕАБИЛИТАЦИИ

Антонова И. А., Гуман О. М., Макаров А. Б.

*ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия (620144, г. Екатеринбург, УГГУ, ул. Куйбышева, 30), e-mail: Guman2007@mail.ru*

Рассмотрены вопросы органического загрязнения на примере двух объектов Уральского региона: завода Уралмаш и Первоуральского новотрубного завода, показано распространение подобного загрязнения в пределах других территорий Урала. Органическое загрязнение подразделено на два вида: связанное с технологическими потерями нефтепродуктов и накопителями нефтепродуктов. Выявлено и оценено влияние изученных объектов на органическое загрязнение компонентов природной окружающей среды подобных территорий: почв и грунтов, растительности, поверхностных и подземных вод. Наиболее подверженными органическому загрязнению являются почвы и грунты, поверхностные воды. Установлена взаимосвязь органического загрязнения промышленных зон с загрязнением тяжелыми металлами. Комплекс тяжелых металлов в какой-то мере зависит от вида загрязнения и включает свинец, марганец, ванадий. Рассмотрены направления экологической реабилитации территорий с органическим загрязнением, включающие механическую очистку территорий от нефтепродуктов.

Ключевые слова: органическое загрязнение, нефтепродукты, тяжелые металлы.

## THE PROBLEM OF ORGANIC POLLUTION INDUSTRIAL AREAS AND REHABILITATION

Antonova I. A., Guman O. M., Makarov A. B.

*Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia (620144, Yekaterinburg, street Kuibysheva), e-mail: Guman2007@mail.ru*

The issues of organic contamination on the example of two objects of the Urals region: Uralmash Plant and Pervouralsk New Pipe Plant, shows the extent of such pollution within other territories of the Urals. Organic pollution is divided into two types: related to technological losses of petroleum products and storage of petroleum products. Identified and assessed the influence of the studied objects in the contamination of organic components of the natural environment of these areas: soils, vegetation, surface water and groundwater. The most vulnerable are the organic pollution of soil and ground water, surface water. The relationship of organic pollution of industrial areas with heavy metal pollution. The complex of heavy metals to some extent depends on the type of pollutant and includes lead, manganese, vanadium. The directions of the environmental rehabilitation of territories with organic pollution, including the mechanical cleaning of the areas of petroleum products.

Key words: organic pollution, petroleum products, heavy metals.

В современном экологическом состоянии промышленных территорий определенная негативная роль принадлежит органическому загрязнению, связанному с нефтепродуктами, наиболее распространенными из которых являются бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, смазочные материалы и др. [4]. В. А. Королевым [5] показано, что при высоких концентрациях нефтепродуктов почвы происходит необратимое угнетение растений, нефтяные вещества сорбируются грунтами и почвами преимущественно в жидкой фазе, причем в основном за счет сорбции полярных компонентов (нафтенных кислот, смол, асфальтенов). Особую опасность представляет попадание нефтепродуктов в водотоки и водоемы. Наиболее детально распространение и характер нефтяного загрязнения изучены в

районах разрыва нефтетрубопроводов, в том числе магистральных, где территории загрязнения весьма значительны.

Техногенные скопления углеводородов в пределах промышленных зон Урала появились в годы Великой Отечественной войны, когда как резервуары для накопления топочного мазута использовались нефтяные ямы. Подобные объекты известны в пределах промышленной зоны завода Уралмаш (г. Екатеринбург), Усть-Сюзве (Пермская область), куда впоследствии свозились отходы топочного мазута с «Волготанкера», и сейчас объем скопившихся в девяти ямах нефтешламов оценивается в 15 тыс. т. В Усть-Сюзве с середины 90-х годов начались работы по ликвидации этих образований: проведено электроснабжение, построена подъездная дорога. Однако эти работы были приостановлены: отходы мазута предполагалось использовать при производстве строительного битума, но такой битум будет дороже обычного, и его производство признано нерентабельным.

Бывший котлован (нефтеяма) с мазутом на территории завода Уралмаш имел прямоугольную форму, глубину до 7, ширину 44 и длину 109 м. Стенки его были земляные, вследствие чего котлован с остатками застывшего мазута был засыпан грунтом при общем объеме его смеси с мазутом около 4,9 тыс. м<sup>3</sup>, утилизация загрязненных мазутом суглинков здесь также довольно проблематична.

Помимо вызванных суровой военной необходимостью бывших мест открытого складирования нефтепродуктов имеются многочисленные объекты скопления углеводородов, связанные, вероятно, с нарушением технологического режима. Так, К. В. Алексейчуком и др. [10] приводятся данные по загрязненной нефтепродуктами территории на станции Осенцы Пермского отделения железной дороги, связанной со строительством Пермского нефтеперерабатывающего завода в середине прошлого века. На территории между двумя железнодорожными насыпями шириной 25 м и длиной около 700 м здесь имеются загрязненные участки с мощностью слоя нефтепродуктов 1,3 м и содержанием нефтепродуктов 700-800 г/кг, скопление нефтепродуктов наблюдается и в зарастающем озере.

В Оренбургской области техногенные скопления нефтепродуктов, связанные с утечками нефти и нефтепродуктов с территорий различных предприятий, в частности, с нефтеперерабатывающих заводов, уже используют для последующей утилизации, что снижает уровень деградации геологической среды [6].

В пределах промышленных зон Уральского региона можно выделить два вида органического загрязнения окружающей среды: 1) связанное с технологическими потерями нефтепродуктов; 2) связанное с накопителями нефтепродуктов.

Органическое загрязнение, связанное с технологическими потерями нефтепродуктов, выявлено в пределах промышленной зоны завода Уралмаш на территории мазутохранилища. К моменту исследования этого объекта за более чем 30 лет его существования за счет сброса на рельеф горячих вод с мазутом (конденсат пара, используемого для разогревания резервуаров с мазутом) было сформировано небольшое озеро, покрытое слоем мазута, в которое «впадают» дренажные канавы, а из озера вытекает ручей (расход в межень 0,15 м<sup>3</sup>/с), сток которого зарегулирован прудами-нефтеловушками. Количество мазута в озере составляет около 0,7 тыс. м<sup>3</sup> (при площади распространения скоплений мазута около 500 м<sup>2</sup> и мощности от 0,01 до 0,30 м). Территория мазутохранилища в основном покрыта насыпными (техногенными) грунтами, в ее пределах развита сорная травяная растительность, по периферии – кустарники, тополя и березы. Результаты исследований компонентов природной среды приведены в табл. 1. В грунтах повсеместно фиксируются повышенные содержания нефтепродуктов при максимальном значении 2200 мг/кг на берегу озера. Превышают предельно-допустимые концентрации (ПДК) для почв и тяжелые металлы: Cu, Pb, Cr, Ni и V. Повышенные концентрации цинка, хрома и марганца выявлены в золе стеблей

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в компонентах природной среды мазутохранилища завода Уралмаш

№ п.п	Компоненты природной среды	Нефтепродукты мг/кг	Тяжелые металлы, мг/кг							
			Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	V	Mn
1.	Среднее по грунтам (9 проб)	344,4	<b>118,9</b>	83,3	29,8	<b>270</b>	<b>102,2</b>	26,4	<b>178,9</b>	1188,9
2	Зола стеблей камыша*		10	<b>1000</b>	20	<b>300</b>	30	10	50	<b>15000</b>
3	Зола листьев кустарника и березы*		70	100	<b>100</b>	<b>500</b>	5	2	50	<b>500</b>
4	Зола мазута Проба №2*		50	<b>300</b>	20	<b>5000</b>	10	20	<b>1000</b>	<b>5000</b>
5	Проба №5*		30	<b>500</b>	10	<b>3000</b>	10	20	<b>1000</b>	<b>1000</b>
ПДК для почв			100	300	32	100	50	50	150	1500

\*Данные завода Уралмаш.

камыша, свинца, хрома и марганца в золе листьев кустарника и березы. Для золы мазута характерны повышенные содержания цинка, хрома, ванадия и марганца, что позволяет сделать вывод о связи в пределах территории мазутохранилища загрязнения тяжелыми металлами с органическим загрязнением. Ранее подобные данные о связи органического загрязнения в районах нефтедобычи и загрязнения тяжелыми металлами были приведены Б. А. Бачуриным [3].

В гидрогеологическом отношении территория приурочена к Большеуральскому бассейну корово-блоковых вод трещинного типа. Воды грунтовые, на территории мазутохранилища уровень воды фиксируется на глубине 2,9 м (абс. отметка 266 м). Химический состав подземных вод свидетельствует об устойчивом их загрязнении в промзоне: минерализация повышенная ( $>1000$  мг/л), окисляемость до 32,39  $O_2$  мг/л; содержание нефтепродуктов 10,8 мг/кг.

Мазутохранилище находится в бассейне искусственного ручья под условным названием «Мазутный», который впадает в реку Ольховка. Содержание нефтепродуктов в воде в 1990 г. составляло до одного и первые мг/л; в 1991 г. десятки мг/л; в 2000 г. – 43 мг/л - (разовая проба, гравиметрический метод с экстракцией четыреххлористым углеродом). Высокое содержание нефтепродуктов в ручье объясняется уменьшением объема стока с территории мазутохранилища в связи с изменением технологии перекачки нефтепродуктов.

Реабилитация природной среды мазутохранилища предполагает прежде всего санацию грунтов, включающую сбор нефтепродуктов и последующую обработку грунтов различными способами: механическим, термическим, электромагнитным, агротехническим, что позволяет привести территорию в соответствие с природоохранными требованиями.

Исследование нефтепродуктов в водном объекте выполнено для одной из секций шламонакопителя Первоуральского новотрубного завода. Сброс нефтепродуктов производился здесь в секцию шламонакопителя № 2, которая представляет собой замасоченный водоем овальной формы, вытянутый в северо-восточном направлении (около 300 м), шириной около 200 м, при уровне воды 286,87 м имеющий площадь водной поверхности 4,49 га, объем воды  $88,88 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup> и среднюю глубину 1,98 м при максимальной 4,30. На водной поверхности накопителя, кроме разводов маслянистых пятен, наблюдается дрейф слоя густой коричнево-черной пленки, перемещающейся по акватории в направлении наветренного берега, рис. 1. Нефтепродукты, представленные преимущественно мазутом, под влиянием ветра перемещаются от одного края секции к другому при видимой толщине тела нефтепродуктов более 1 м и площади  $\approx 8400$  м<sup>2</sup>. Расчет объема нефтепродуктов по формуле клина (максимальная мощность – вблизи берега) дает приближенный их объем порядка 4200 м<sup>3</sup>. Загрязнение нефтепродуктами локализовано вдоль внутренней стороны



Рис. 1. Распространение нефтепродуктов в шламонакопителе

дамбы и определяется колебаниями уровня воды в шламонакопителе. Исследование нефтепродуктов верхнего и нижнего слоя (ФГУ «ЦЛАТИ» по УрФО) показало, что хроматограммы имеют вид, типичный для мазута: характерный «горб» в области удерживания нормальных предельных углеводородов в пределах от  $C_{20}$  до  $C_{40}$ . Содержание нефтепродуктов в верхнем слое составляет 163073 мг/кг, в нижнем – 12062 мг/кг.

Химический состав поверхностных вод шламонакопителя вне пределов нефтяного пятна гидрокарбонатный кальциево-магниевый, сумма минеральных солей составляет 0,23 г/л, рН 7,95, содержание взвешенных веществ 143,8 мг/л. В воде в высоких концентрациях обнаружены железо – 5,0 мг/л (16,7 ПДК), и свинец – 0,031 мг/л (3,1 ПДК). Содержание нефтепродуктов – 0,20 мг/л.

Водоносный горизонт аллювиальных отложений образует совместно с водоносным комплексом зон трещиноватости песчанико-сланцевых образований единый водоносный безнапорный комплекс. Подземные воды этого комплекса встречены на глубине 4,5–9,5 м, установившиеся уровни зафиксированы на глубине 2,98–7,50 м, что соответствует абсолютным отметкам 286,35–285,28 м. Поток подземных вод имеет южное, юго-западное направление в сторону долины р. Шайтанка и р. Чусовая. Уклон потока подземных вод изменяется от 0,014 в южной части участка в долине реки, до 0,073 на приводораздельном склоне. Под шламонакопителем наблюдается искажение потока подземных вод в связи с формированием купола растекания подземных вод.

Результаты определения тяжелых металлов в грунтах дамбы показали наличие во всех пробах повышенных концентраций меди, хрома, никеля, ванадия, в большинстве проб – свинца и цинка, в единичных пробах – олова, серебра, кобальта, титана и вольфрама.

Распределение тяжелых металлов определяется загрязненностью материала дамб по внутренним откосам нефтепродуктами – максимальные концентрации цинка (5000 мг/кг – 16,7 ПДК), свинца (5000 мг/кг – 156,3 ПДК), а также олова (60 мг/кг – 6 ПДК), серебра (2

мг/кг – 4 ПДК), вольфрама (10 мг/кг – 2 ПДК), кадмия (15 мг/кг – 10 ПДК) выявлены в замазученных грунтах юго-западной части шламонакопителя. Результаты анализа подвижных форм тяжелых металлов также показывают связь их с нефтепродуктами, которая выражается в более высоких концентрациях подвижных форм меди и цинка с максимальным содержанием нефтепродуктов. В целом концентрации подвижных форм тяжелых металлов в грунтах невысокие: Cu – 0,078-0,284 мг/кг, Zn – 0,132-0,986 мг/кг, Pb – 0,375-0,626 мг/кг, Cr – 0,042-0,33 мг/кг, Cd - <0,005 мг/кг, Ni – 0,108-0,215 мг/кг. Содержание нефтепродуктов варьирует от 1,52 до 104,0 мг/кг.

Донные отложения в шламонакопителе представлены илистыми образованиями серого, черного цвета, замазученные, с запахом нефтепродуктов. В них выявлены повышенные содержания валовых (50 ПДК), цинка (23,3 ПДК), свинца (9,4 ПДК), олова (1,5 ПДК), серебра (1,4 ПДК), молибдена (4 ПДК), хрома (18 ПДК), никеля (14 ПДК), а также сурьмы (4,4 ПДК), мышьяка (75 ПДК) и кадмия (6,7 ПДК).

Содержания подвижных форм тяжелых металлов в донных отложениях не высоки, составляя: Cu – 0,019–0,703 мг/кг, Zn – 0,053–0,119 мг/кг, Pb – 0,375–0,500 мг/кг, Cr – 0,042–0,083 мг/кг, Ni – 0,161–0,215 мг/кг, Cd <0,005 мг/кг, что может свидетельствовать о их нахождении в донных отложениях в сорбированном виде. Содержания нефтепродуктов в донных отложениях составили 247,5–467,5 мг/кг. Высокие содержания нефтепродуктов, обусловлены, вероятно, их сорбцией глинистыми, илистыми частицами.

Таким образом, очевидны два источника поступления тяжелых металлов в донные отложения и грунты. Первый – воздействие выбросов производственных процессов, второй – содержащиеся в нефтепродуктах тяжелые металлы. Так, в золе нефти содержатся [8]: Cu – 0,067 %, Zn – 0,142 %, Pb – 0,14 %, Ni – 7,86 %, V – 25,0 %, Te – 3,86 % (данные для нефти Урала и Поволжья). В мазуте [9] содержатся: Cu – 40 мг/кг, Zn – 400 мг/кг, Pb – 25 мг/кг, Ni – 10 мг/кг, V ≈ 1000 мг/кг, Co ≈ 20 мг/кг, Cr – 4000 мг/кг, As – 300 мг/кг, Sn – 40 мг/кг. Отметим, что согласно [1] при концентрации нефти свыше 2 г на 1 кг почвы происходит необратимое угнетение растений.

Территория шламонакопителя является резко дифференцированной по суммарному показателю химического загрязнения (Zc). Периферийная, верхняя часть дамб в слабой степени загрязнена ассоциацией тяжелых металлов, значения Zc здесь колеблются в пределах от 3,6, до 10,5 (слабо опасная категория загрязнения почв). По внутренней части дамбы для замазученных грунтов значения Zc варьируют от 23,4 до 237,8 (чрезвычайно опасная категория загрязнения почв).

С целью определения возможного влияния шламонакопителя на состояние подземных и поверхностных вод проведено единовременное гидрогеохимическое опробование воды

шламонакопителя, подземных вод, поверхностных вод р. Шайтанка, а также скважин хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения в районе размещения шламонакопителя. Химический состав поверхностных вод р. Шайтанка вне зоны влияния шламонакопителя гидрокарбонатный магниевый-кальциевый, сумма минеральных солей 0,17 г/л, величина окисляемости составляет 4,60 мгО<sub>2</sub>/л, содержание взвешенных веществ 36,9 мг/л. В воде наблюдаются высокие концентрации железа – 3,33 мг/л (11 ПДК) и свинца – 0,062 мг/л (6,2 ПДК). В зоне влияния шламонакопителя состав вод также гидрокарбонатный магниевый-кальциевый, сумма минеральных солей 0,15 г/л, величина окисляемости составляет 6,30 мгО<sub>2</sub>/л, содержание взвешенных веществ 31,8 мг/л, отмечаются высокие концентрации железа – 0,71 мг/л (2,4 ПДК) и свинца – 0,062 мг/л (6,2 ПДК).

Распространение нефтепродуктов происходит в юго-западном и восточном направлении от шламонакопителя по потоку подземных вод, при этом распространение загрязнения в восточном направлении происходит при формировании купола растекания подземных вод под телом шламонакопителя. Под влиянием слоя нефтепродуктов на поверхности потока происходит метаморфизация макрокомпонентного состава грунтовых вод, которая в анаэробной обстановке может служить признаком наличия слоя свободных нефтепродуктов на поверхности грунтовых вод [2]. В целом загрязнение нефтепродуктами в пределах шламоотстойника выражается в загрязнении техногенных вод собственно шламоотстойника, периферийных частей дамб, накоплении нефтепродуктов в донных отложениях и слабом воздействии на подземные воды.

В качестве выводов необходимо отметить достаточно локальное распространение органического загрязнения в пределах шламонакопителя, тогда как в пределах территории мазутохранилища его территория более значительна, в том и другом случае с органическим загрязнением связано и загрязнение тяжелыми металлами. Реабилитация природной среды подобных экологически неблагоприятных территорий может быть проведена различными методами, однако на начальном этапе необходимо выполнение сбора и последующей утилизации нефтепродуктов.

### **Список литературы**

1. Аренс В. Ж., Саушкин А. З., Гридин О. М., Гридина О. А. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений. – М.: Изд-во «Интербук», 1999. – 371 с.
2. Багурина Б. А. Идентификация нефтяной составляющей органического загрязнения гидросферы // Водные ресурсы, геологическая среда и полезные ископаемые Южного Урала. – Оренбург: ОГУ, 2000. – С. 143-153.

3. Бачурин Б. А., Борисов А. А., Одинцова Г. А., Суетина Л. А. Эколого-геохимические особенности техногенеза в районах нефтедобычи // 1-й Уральский международный экологический конгресс «Экологическая безопасность промышленных регионов»: Мат-лы конгресса. Т. I. – Екатеринбург: СОО ОО МАНЭБ, 2007. – С. 58-62.
4. Гуман О. М., Макаров А. Б., Мусина О. М. Особенности инженерных изысканий при освоении рудных месторождений в Уральском регионе // Известия вузов. Горный журнал. – 2012. – № 1. – С.134-137.
5. Королев В. А. Очистка грунтов от загрязнений. – М: МАИК «Наука / Интерпериодика», 2001. – 356 с.
6. Макунев М. Н. Оценка условий формирования техногенных залежей нефтепродуктов по результатам аэрокосмосъемки (на примере Оренбуржья) // Материалы II Международной школы семинара «Экологические проблемы Европейского Севера». – Архангельск, 1992. – С. 164-165.
7. Середин В. В. Геоэкологические условия санации нефтезагрязненных территорий: дис. ... д.г-м.н. – Пермь, 1999.
8. Справочник по геохимии / Г. В. Войткевич, А. В. Кокин, А. Е. Мирошников, В. Г. Прохоров. – М.: Недра, 1990. – 480 с.
9. Химия окружающей среды: Пер. с англ. / Под ред. А. П. Цыганкова. – М.: Химия, 1982. – 682 с.
10. Экологическая бомба из прошлого / Алексейчук К. В., Ваньков Б. П., Духанин А. С., Цапина А. Е. // Экологические проблемы промышленных регионов. – Екатеринбург, 2004. – С. 386-387.

**Рецензенты:**

Болтыров Владимир Боскаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург.

Косинова Ирина Ивановна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующая кафедрой экологической геологии, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж.