

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ ХРАНИЛИЩА НЕФТЕПРОДУКТОВ СТАНЦИИ «ВОРОНЕЖ-КУРСКИЙ»

Ю. М. Зинюков, Н. А. Корабельников

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

Аннотация. В настоящее время для геологической среды городских и промышленных территорий приоритетным загрязнителем становятся нефтепродукты. Это связано со значительным ростом количества нефтехранилищ, автотранспортных средств, автомоечных комплексов, авторемонтных мастерских, АЗС и т. д. В связи с этим актуальной становится задача организации рационального контроля и управления состоянием геологической среды. Комплексный мониторинг позволяет оптимизировать проблему бесконтрольной техногенной нагрузки.

Ключевые слова: мониторинг геологической среды, загрязнение геологической среды, нефтепродукты, грунтовая толща, подземные воды.

Abstract. Mineral oil become priority polluting substances for city and industrial territories. It is connected with considerable growth of quantity of oil storages, vehicles, autowashing complexes, automobile repair shops, gasoline stations etc. In this connection, the problem of the organisation of the rational control and management of a condition of the geological environment becomes actual. Complex monitoring allows to optimise a problem of uncontrolled technogenic loading.

Key words: monitoring of the geological environment, contamination of the geological environment, mineral oil, soil thickness, underground waters

Введение

Одной из актуальных экологических проблем современности является загрязнение геологической среды нефтепродуктами. Такая ситуация связана как с широким развитием такого загрязнения, так и с большими трудностями его локализации и ликвидации. Нефтепродукты становятся главным загрязнителем для городских и промышленных территорий. Практически на всех техногенных объектах, связанных с данным продуктом, фиксируется загрязнение геологической среды той или иной степени [1–4].

В связи с этим на настоящий момент актуальной становится проблема своевременного обнаружения такого загрязнения и оценки его экологической опасности. Своевременная оценка позволяет принимать превентивные меры по локализации нефтяного загрязнения на наиболее опасных участках.

Загрязнению нефтепродуктами подвержены все компоненты геологической среды: почвы, грунты

зоны аэрации, грунты зоны водонасыщения, подземные и поверхностные воды.

Загрязнение почвогрунтов формируется в основном непосредственно в местах проливов нефтепродуктов. Площадь его обычно невелика и, как правило, незначительно превышает площадь объёма.

Наиболее сильно почвы загрязняются тяжелыми и вязкими нефтепродуктами, которые хорошо сорбируются.

Объем нефтепродуктов, способных накапливаться в зоне аэрации, зависит от сорбционной емкости грунтов, состава нефтепродуктов. В целом, чем тяжелее нефтепродукты и чем менее проницаема и более неоднородна зона аэрации, тем больше нефтепродуктов в ней может накапливаться.

Слабоподвижные нефтепродукты (мазуты, тяжелые нефти и др.) обычно остаются вблизи земной поверхности, где под влиянием различных процессов постепенно затвердевают. При этом малоподвижные нефтепродукты могут достигать уровня грунтовых вод, растворяясь в легких нефтепродуктах, если имеют место утечки и проливы таковых [1].

Территория работ находится на водоразделе рек Дон и Воронеж, в центральной части города Воронежа, в пределах территории железнодорожной станции «Воронеж-Курский». Исследуемый техногенный объект представляет собой хранилище нефтепродуктов.

База топлива состоит из двух вертикальных резервуаров для хранения дизельного топлива, восьми горизонтальных резервуаров для хранения жидкой смазки, насосной станции и здания конторы базы топлива.

Резервуары дизельного топлива находятся в центре базы и представляют собой:

1-й резервуар – РВС-2000, надземный, высота 12 м, диаметр 15 м, 1957 года выпуска;

2-й резервуар – РВС-1000, надземный, высота 9,5 м, диаметр 12 м, 1959 года выпуска.

Территория вокруг резервуаров дизельного топлива обвалована, высота грунтового вала ~ 2,0 м, ширина 6–8 м.

Резервуары дизельного масла расположены в южной части территории базы и представлены:

– семью резервуарами РГС-25, подземными, высотой 2,86 м, диаметром 3,34 м, заглубленными на 3,2 м, 1970 года выпуска;

– одним резервуаром РГС-50, подземным, высотой 3 м, диаметр 4,61 м, заглубленным на 4,5 м, 1970 года выпуска.

В 15–20 м севернее резервуара РВС-1000, у подъездного пути, находятся несколько подземных емкостей с остатками топочного мазута, смешанного с песком.

В 10 м восточнее резервуара РВС-1000 с внешней стороны обваловки ранее находился резервуар диаметром ~ 5 м.

Поверхность земли в пределах территории базы, там, где нет асфальта и железнодорожных путей, представлена смесью строительного мусора и почвы, местами замазученной, с многочисленными включениями угля.

Техногенные объекты, расположенные на территории исследований, указаны на схемах дешифрирования космоснимков.

Территория базы топлива с восточной стороны граничит с территорией локомотивного депо ст. «Воронеж-Курский», а с западной стороны – с материальным складом ст. «Воронеж-Курский». На площадке локомотивного депо рядом с базой топлива производится экипировка маневровых локомотивов и самоходного подвижного состава дизельным топливом и дизельным маслом.

В 50 м севернее от границы базы топлива (150 м от резервуара РВС-1000) находится южная граница водозабора ст. «Воронеж-Курский».

Геологическое строение участка характеризуется развитием нижнеплейстоценовых флювиогляциальных отложений, перекрытых верхнеплейстоценовыми субэральными образованиями и техногенными грунтами. Флювиогляциальные отложения подстилаются неогеновыми и девонскими отложениями.

Исследуемая территория характеризуется развитием гидрогеологических подразделений четвертичного, неогенового и девонского возраста.

Основным эксплуатационным водоносным горизонтом в пределах близлежащей территории является водоносный плиоценовый терригенный комплекс (N₂). Воды приурочены к аллювиальным песчаным отложениям. Разрез сложен толщей песков различной зернистости и глинистости, глинами, реже суглинками, песчанистыми, часто переходящими в глинистые пески. Мощность водоносного горизонта в среднем составляет 19 м. Глубина залегания уровня водоносного горизонта ~ 55–60 м, абсолютные отметки кровли ~ 99,0 м. В верхней части неогеновых отложений (в пределах территории водозабора станции) развиты глины мощностью до 8 м (прослой глины старичной фации), выступающие в качестве местной водоупорной кровли, способной защищать горизонт от загрязнителей, при их вертикальной миграции.

В пределах исследуемой территории водоносный горизонт эксплуатируется водозаборными скважинами станции «Воронеж-Курский».

Результаты исследований

Для оценки характера и уровня загрязнения на исследуемой площади использовались комплексные методы оценки, включая опробование и аналитические определения нефтепродуктов в почвах, грунтах зоны аэрации и в подземных водах (единичные определения), измерения содержания углеводородных газов в почвенном и подпочвенном воздухе, геофизические исследования (георадиолокация).

Результаты геофизических исследований

Результаты работ по георадиолокации (А. А. Аузин и др.) позволили выделить в грунтовой толще локализованную зону максимального загрязнения. Она расположена в пределах глубин 1,2–2,5 м, имеет длину около 2,5 м, максимальную ширину около 1,5 м и вытянута с юго-юго-запада на северо-северо-восток.

Результаты полевых и лабораторных определений нефтепродуктов

Настоящими исследованиями установлено загрязнение геологической среды нефтепродуктами в пределах изучаемой территории. Аналитическими исследованиями почвогрунтов и грунтов зоны аэрации установлено загрязнение нефтепродуктами территории обвалованного участка размещения резервуаров, а также территории за его пределами (рис. 1).

Наибольшие величины концентраций нефтепродуктов зафиксированы в скважине № 1 и достигают 26,84 г/кг (глубина опробования 2 м). Высокие значения отмечены до глубины 7 м (2,41 г/кг). В исследуемой скважине зафиксировано наличие жидкого нефтепродукта и воды (локализованная

верховодка). В пробе жидкости, отобранной на глубине 2,5 м, отмечается наличие нефтепродукта черного цвета в верхней части пробы (при отстаивании) и жидкости светлого цвета (подземные воды с растворенным нефтепродуктом) в нижней части. При этом верхняя часть пробы нефтепродукта подразделяется на более легкую жидкую фазу темно-коричневого цвета и черного цвета нижнюю часть – хлопьевидную, кашицеобразную массу, представляющую собой коагулированную смесь нефтепродукта с глинистыми частицами.

Загрязнение почвогрунтов отмечено почти во всех пробуренных скважинах. Максимальные концентрации приурочены к верхней части геологического разреза, представленной суглинками, которые характеризуются более высокими сорбци-

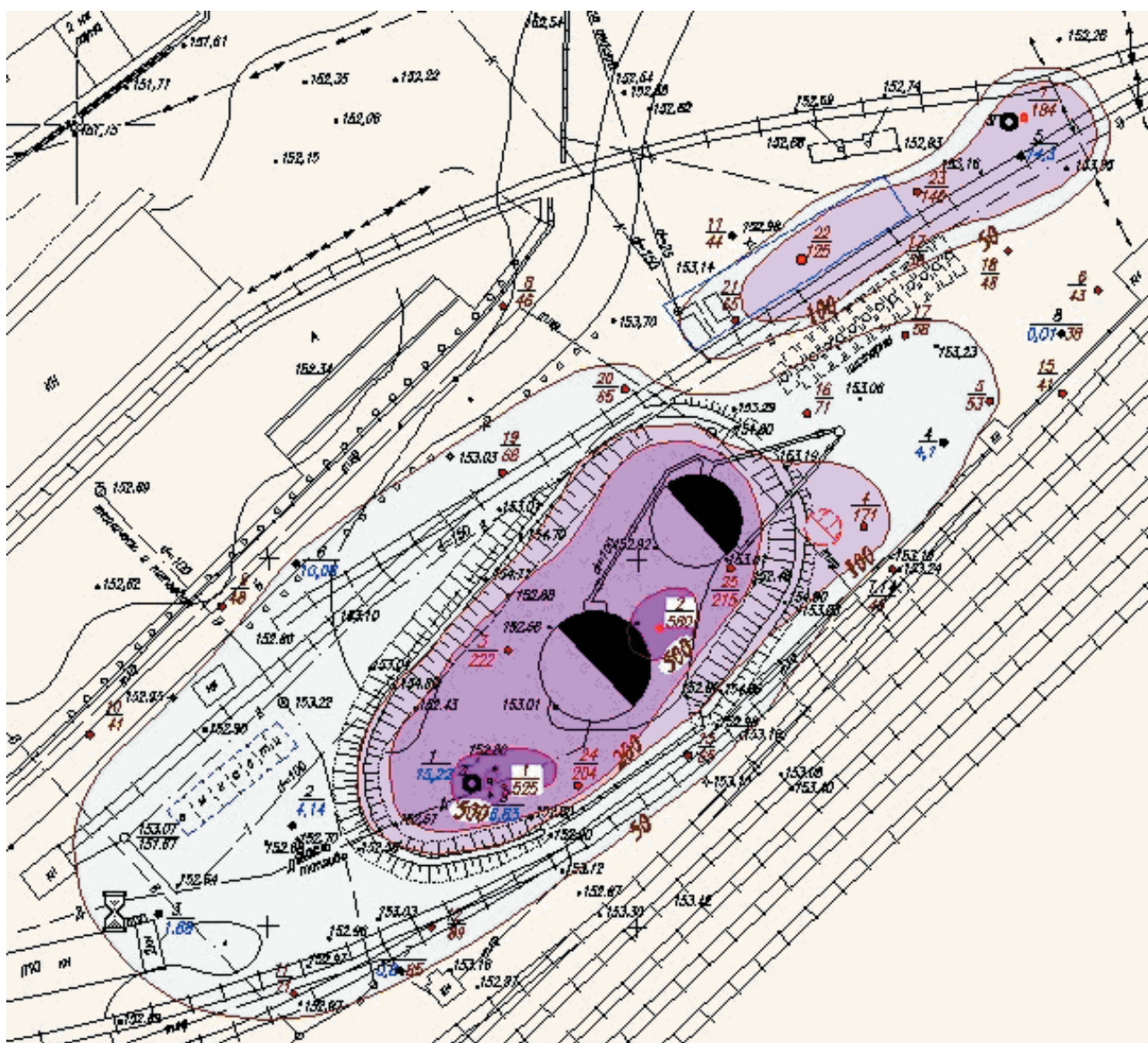


Рис. 1. Контуры очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами

онными свойствами, нежели песчаные грунты. Величины концентраций нефтепродуктов в верхнем горизонте (0–0,2 м) в среднем изменяются в пределах 2–14 г/кг. Мощность глинистых отложений составляет 5–7 м.

Концентрации нефтепродуктов при смене литологических разностей в геологическом разрезе (глинистые грунты сменяются песками различной крупности) постепенно снижаются до величин 0,05–0,27 г/кг и менее. В скважине № 1 зафиксированы высокие содержания нефтепродуктов и в песках до глубины 12 м (0,35 г/кг).

Помимо лабораторных определений содержания нефтепродуктов, было проведено определение концентраций углеводородных газов (по гексану) в воздухе почвогрунтов непосредственно в полевых условиях на месте исследований (табл. 1). Определения производились газоанализатором «Колион-2В» [5], концентрации измерялись в

мг/м³. В результате выполненных работ было установлено, что на исследуемой территории концентрации углеводородных газов в воздухе почвогрунтов выше фона (1–3 мг/м³) и достигают значений от 38 до 560 мг/м³. Наибольшие значения зафиксированы на территории размещения резервуаров (215–560 мг/м³). Данные аномалии находят подтверждение и при дешифрировании космоснимков (рис. 2).

Результаты выполненных работ позволяют сделать вывод о том, что почвогрунты в своей верхней зоне загрязнены нефтепродуктами за счет поступлений вещества с поверхности при непосредственных проливах, утечках и т. д., а также за счет переноса вещества при снеготаянии и дождевом смыве. Наличие жидкого нефтепродукта на глубине может быть связано с утечками из трубопровода, а также с поступлением с поверхности.

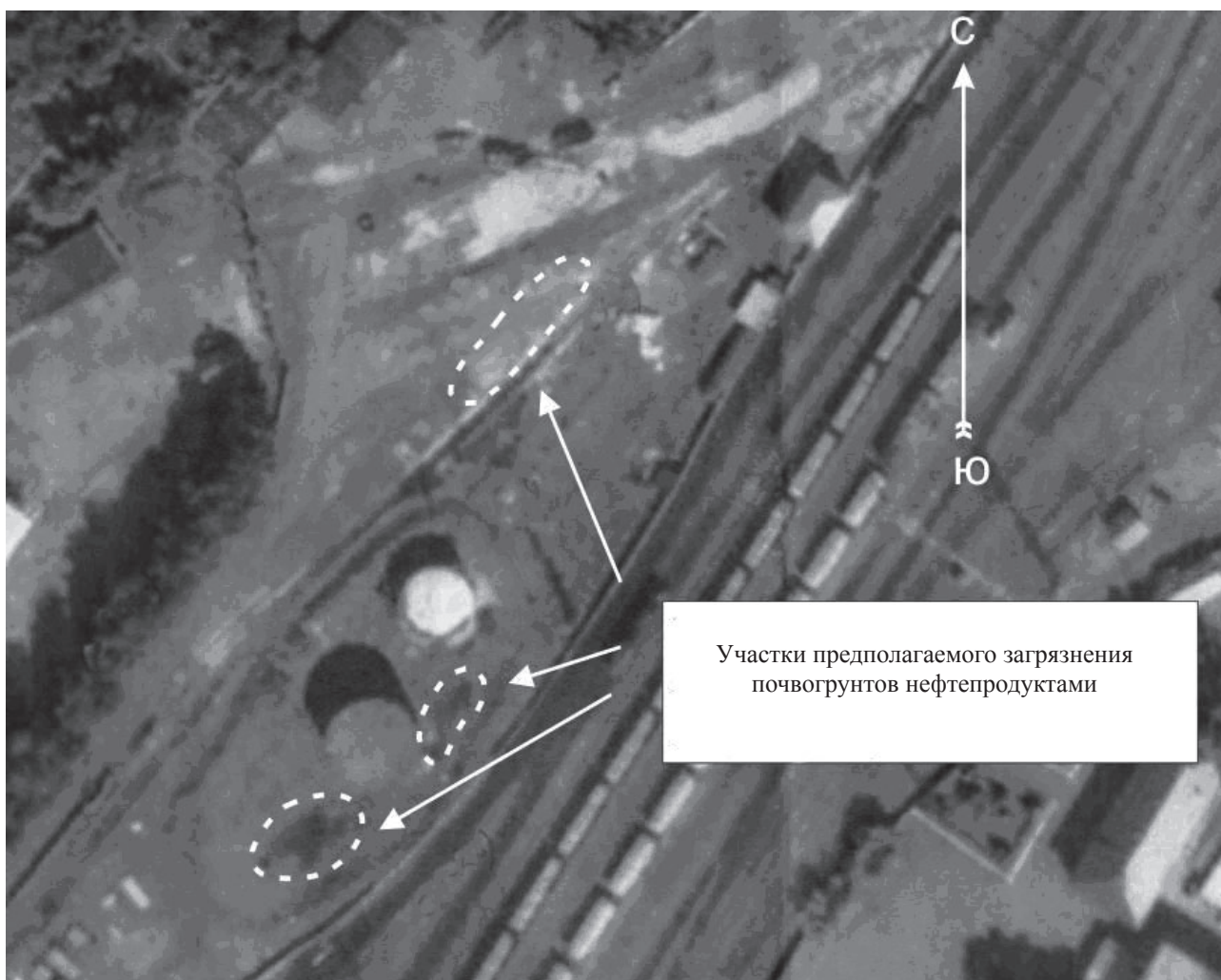


Рис. 2. Схема дешифрирования космоснимка (Google Earth, июль 2009 г.)

Концентрации гексана в воздухе почвогрунтов

№ п/п	Номер точки наблюдения	Концентрации гексана (мг/м ³)
1	1	225
2	2	560
3	3	222
4	4	171
5	5	53
6	6	43
7	7	184
8	8	38
9	9	48
10	10	41
11	11	71
12	12	89
13	13	65
14	14	46
15	15	41
16	16	71
17	17	58
18	18	46
19	19	68
20	20	65
21	21	65
22	22	125
23	23	146
24	24	204
25	25	215

Наличие в зоне аэрации очага загрязнения нефтепродуктами в весьма значительных концентрациях позволяет говорить о том, что источником дальнейшего поступления в геологическую среду нефтепродуктов и их миграция в ней, помимо техногенных сооружений, становится загрязненный участок геологической среды, выявленный на изучаемой площади. Данный источник является потенциально опасной зоной для развития загрязнения подземных вод нефтепродуктами. Позитивным моментом, замедляющим продвижение загрязнения на глубину до уровня подземных вод, является

большая мощность зоны аэрации и наличие в верхней части геологического разреза глинистых прослоев, аккумулирующих в себе за счет сорбционных процессов большую часть нефтепродуктового загрязнения.

В настоящий момент актуальным становится вопрос выявления уровня загрязнения подземных вод, используемых для водоснабжения, и подземных вод неогенового водоносного горизонта в целом в пределах исследуемой и смежной с ней территории, а также вопрос выявления источника или комплекса источников загрязнения подземных

вод нефтепродуктами с определением механизма накопления и миграции нефтепродуктов в геологической среде и, в конечном счете, – в подземных водах эксплуатационного водоносного горизонта.

При этом существование очага загрязнения будет нести потенциальную угрозу дальнейшего развития загрязнения по глубине с вероятным проникновением в эксплуатируемые водоносные горизонты. В данном случае актуальным является вопрос времени и характера протекания процессов миграции нефтепродуктов в зоне аэрации. Обязательным условием обеспечения экологической безопасности подземных водных ресурсов является своевременный и квалифицированный контроль миграции нефтепродуктов в геологической толще с детальной характеристикой всей загрязненной площади. Такой контроль может быть организован в рамках экологического мониторинга геологической среды исследуемой территории.

Рекомендации по снижению неблагоприятных последствий

Для снижения неблагоприятных воздействий на геологическую среду, предотвращения дальнейшей миграции нефтепродуктов в грунтовой толще и возможного проникновения загрязнителей в водоносные горизонты рекомендуется проведение работ мониторинговой и управленческой направленности. Проведение работ по мониторингу имеет направленность на своевременное предупреждение дальнейшего распространения загрязнения, проведение управленческих мероприятий призвано обеспечить локализацию или полную ликвидацию негативной ситуации.

Рекомендации по организации мониторинга геологической среды

Для своевременного контроля и предупреждения дальнейшего распространения нефтепродуктов в грунтовой толще, а в случае проникновения в водоносные горизонты, и в подземных водах, и их возможного загрязнения в качестве одной из первоочередных задач защитной направленности необходимо рекомендовать обязательное устройство минимального количества наблюдательных пунктов для проведения мониторинга геологической среды.

Основой ведения мониторинга является создание наблюдательной сети, по наблюдательным пунктам которой и будут проводиться стационарные наблюдения. Структура наблюдательной сети определяется характером техногенного объекта, его масштабностью и длительностью эксплуата-

ции, а также существованием в непосредственной близости от него или же расположением на некоторой удаленности от него природных объектов, которые могут быть отнесены к объектам первоочередной экологической защиты [6]. Таковыми объектами являются участки подземных вод питьевого водоснабжения, эксплуатируемые скважинами централизованного или одиночного водоснабжения, колодцами при частном водоснабжении населения, реки, водохранилище и др. Расположение и конструкция наблюдательных пунктов зависит также от геолого-гидрогеологического строения территории, направленности потока подземных вод, условий эксплуатации прилегающих водозаборов.

Помимо организации наблюдательной сети, система мониторинга включает в себя определение контролируемых показателей (параметров) состояния геологической среды, обоснование частоты и способов наблюдений, а в случае необходимости – и выбор прогнозной модели изменения состояния геологической среды и выполнение прогнозного моделирования. При неблагоприятных изменениях (загрязнении) геологической среды обязательным является проведение управленческих мероприятий по ликвидации (локализации) или же минимизации негативного влияния, в случае невозможности ликвидации очага загрязнения.

Организация мониторинга геологической среды на исследуемой территории

На исследуемой территории предлагается организовать проведение работ по мониторингу геологической среды в соответствии со следующими исходными положениями.

Исследуемая зона и прилегающая территория (за пределами площадки размещения резервуаров) оказалась загрязненной нефтепродуктами в верхней части грунтовой толщи. Основная доля загрязняющих веществ сконцентрирована в толще насыпных грунтов и залегающих под ними четвертичных суглинках. Последние в определенной степени служат защитным экраном, препятствующим быстрому проникновению нефтепродуктов по глубине. Об этом свидетельствуют резкие снижения концентраций нефтепродуктов в песках, подстилающих вышележащие глинистые отложения. Однако в случае попадания нефтепродуктов в хорошо проницаемые пески их дальнейшее распространение по глубине значительно возрастает, и при инфильтрации вод можно ожидать дальнейшее продвижение вертикального фронта загрязне-

ния вплоть до горизонта подземных вод при наличии проницаемых зон в водоупорных отложениях.

Основной очаг загрязнения приурочен к площадке размещения резервуаров и носит локализованный характер в виде небольших участков с наличием в грунтовой толще жидкого нефтепродукта.

В связи со сложившейся техногенной обстановкой в пределах изученной территории следует рекомендовать два направления контроля:

1. Контроль за возможным продвижением нефтепродуктов по глубине в песчаной толще зоны аэрации (участки максимального загрязнения верхней части зоны аэрации (площадка размещения резервуаров и площадка бывшего хранения нефтепродукта в подземных цистернах)).

Данные участки можно контролировать при помощи специально оборудованных скважин с открытым стволом в интервале глубин, на которых в настоящий момент не отмечено наличие нефтепродуктов. Такого рода контроль возможно осуществлять методом замера содержания углеводородных газов в воздухе зоны аэрации.

2. Контроль содержания нефтепродуктов в подземных водах неогенового горизонта в направлении их возможного движения в сторону действующего водозабора станции «Воронеж-Курский». Ближайшие водозаборные скважины расположены соответственно на расстоянии 85–90 м от площадки бывшего хранения нефтепродукта в подземных цистернах и 140–150 м от площадки размещения резервуаров. В случае попадания нефтепродуктов в подземные воды их распространение потенциально может провоцироваться дренирующим воздействием эксплуатационных скважин водозабора.

Для своевременного контроля возможного загрязнения подземных вод необходимо как минимум оборудование одной наблюдательной скважины на неогеновый водоносный горизонт в направлении «техногенный объект (очаг загрязнения) – водозабор». И одной скважины на территории хранилища.

При бурении рекомендуемой наблюдательной скважины необходимо провести поинтервальное опробование грунтов для определения содержания нефтепродуктов по всей зоне аэрации до водовмещающих отложений включительно.

В летнее время необходимо проводить оперативную газовую съемку для оценки существующе-

го загрязнения грунтов путем замеров содержания углеводородных газов в воздухе почвогрунтов или непосредственно газов, диффундирующих в атмосферу из грунтовой толщи. Данный вид работ отличается высокой мобильностью и оперативностью при умеренных материально-финансовых затратах.

В качестве контролируемых параметров, помимо общего содержания нефтепродуктов, рекомендуется определить соединения, характеризующиеся наибольшей растворимостью и токсичностью: бензол, толуол, ксилол, этилбензол. Данные вещества характеризуются наибольшей миграционной активностью в отличие от более вязких соединений, хорошо сорбируемых глинистой составляющей геологического разреза.

Помимо углеводородных веществ, контролю должны подлежать факторы, способствующие и препятствующие миграции нефтепродуктов (окислительно-восстановительный потенциал среды и др.), т. к. в геологической среде происходит не только накопление нефтепродуктов, но и их постепенное разрушение за счет процессов химического окисления и биодegradации, в случае активного протекания последних.

Фактором, активизирующим движение подземных вод к водозаборным сооружениям, является производительность эксплуатационных скважин и характер водоотбора (условия эксплуатации) и непосредственным образом с ними связанные наличие и развитие депрессионной воронки. В связи с этим контролю должны подлежать динамические уровни подземных вод и площадь развития депрессионной воронки. Также необходимо проводить периодическое опробование водозаборных скважин для контроля нефтепродуктов в подземных водах.

Частота контроля, учитывая невысокую миграционную активность нефтепродуктов, может быть определена не чаще одного раза в сезон или в полугодие в случае локализации очага загрязнения. А в случае подтверждения стабильного уровня содержания нефтепродуктов в подземных водах частота контроля может быть увеличена до одного раза в месяц.

При этом осложняющим моментом ведения дифференцированного мониторинга является общая техногенная обстановка в пределах территории железнодорожной станции «Воронеж-Курский», определяющая возможность проникновения нефтепродуктов в геологическую толщу за счет других источников. Такая ситуация диктует необ-

ходимость в дальнейшей комплексной эколого-геологической оценке территории станции в целом.

Рекомендации управленческой направленности

В целях ликвидации негативных последствий загрязнения геологической среды нефтепродуктами, а в случае невозможности полной ликвидации – ее локализации или частичной ликвидации необходимо проведение мероприятий управленческого характера. Для изучаемой территории предлагаются следующие мероприятия:

– рекультивация грунтов в контурах распространения линзы жидкого нефтепродукта в зоне аэрации, которое должно заключаться в выемке загрязненного грунта на глубину до 4 м и замене его на незагрязненный насыпной грунт;

– возможное снятие верхней части почвогрунта на площадке базы МТО (на глубину до 0,2–0,5 м)

и укладка синтетической пленки, сверху перекрываемой суглинком (для предотвращения распространения нефтепродуктов по глубине в случае растворения поверхностными водами или растворами);

– снятие загрязненной части почвогрунтов на участках с наибольшим загрязнением нефтепродуктами и проведение на данных участках рекультивационных мероприятий (посадка травянистой, кустарниковой растительности и другие способы облагораживания территории);

– проведение мероприятий, направленных на ликвидацию мусора, отходов производства и других веществ и материалов, способных выступать источниками дальнейшего загрязнения геологической среды.

Своевременный контроль и управление позволят предотвратить дальнейшее развитие загрязнения и обеспечить экологическую безопасность питьевого водозабора.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боревский Л. В.* Методические рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами / Л. В. Боревский. – М. : ГИДЭК, 2002. – 87 с.

2. *Гоголь С. Б.* Опыт очистки геологической среды от нефтяного загрязнения на территории г. Брянска / С. Б. Гоголь, С. В. Дадыкин // Геологич. вестник центральных районов России. – 1999. – № 1–2. – С. 74–78.

3. *Дашко Р. Э.* Проблемы загрязнения и очистки подземных вод и грунтов от нефтяных углеводородов в Санкт-Петербургском регионе / Р. Э. Дашко, Н. С. Петров // Современные проблемы гидрогеологии. Пятое толстихинские чтения : материалы науч.-метод. конф. – СПб., 1996. – С. 132–134.

4. *Дурнев Ю. Ф.* Геоэкологические особенности промплощадок нефтебаз г. Воронежа / Ю. Ф. Дурнев //

Воронежский государственный университет
Ю. М. Зинюков, кандидат технических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
Тел. 8 (4732) 208-980
zinukov@rambler.ru

Н. А. Корабельников, преподаватель кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
Тел. 8 (4732) 530-420

Вест. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1997. – № 4. – С. 154–158.

5. *Зинюков Ю. М.* Разработка методики оперативного газового контроля при картографировании очагов загрязнения геологической среды / Ю. М. Зинюков, Н. А. Корабельников, С. А. Усачев // Актуальные проблемы экологической геологии. Наука и образование : материалы 4-й Междунар. конф. – СПб., 2008. – С. 92–94.

6. *Зинюков Ю. М.* Теоретико-методологические основы организации мониторинга природно-технических экосистем на основе их структурно-иерархических моделей / Ю. М. Зинюков // Труды НИИ Геологии ВГУ. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2005. – Вып. 28. – 164 с.

Рецензент А. А. Валяльщикова

Voronezh State University
Yu. M. Zinyukov, Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of Chair of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology
Тел. 8 (4732) 208-980
zinukov@rambler.ru

N. A. Korabelnikov, Teacher of Chair of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology
Тел. 8 (4732) 530-420