

Научная статья

УДК 504.054; DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-36-46

УЧЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ РАСЧЕТЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН МАЗУТНЫХ КОТЕЛЬНЫХ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

✉ Русскова Ирина Германовна.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

✉ ruskova_ig@spbstu.ru

Аннотация. В Санкт-Петербурге большинство котельных находятся в зонах жилой застройки и имеют резервуары для хранения мазута в качестве основного или резервного топлива, что требует мер для обеспечения экологической безопасности и предотвращения попадания мазута в грунтовые воды в случае аварии. В работе приведен критический анализ нормативной литературы, регламентирующей размер санитарно-защитных зон и методик их расчета, который показал, что данные о характере почвы и глубине залегания уровня грунтовых вод в них не учитываются. Приведены результаты исследований, доказывающих, что эти параметры играют существенную роль в расчете распространения пятна загрязнения в грунтовых водах Санкт-Петербурга и выходят за пределы нормативных. Сделан вывод о необходимости пересмотра действующей методики расчета санитарно-защитных зон с учетом геологических особенностей города с целью минимизации рисков для жизни и здоровья населения и экологической обстановки в целом. Для этого рекомендовано использовать результаты расчетов по многофакторным математическим моделям с использованием современного программного обеспечения.

Ключевые слова: котельная, грунтовые воды, разлив нефтепродуктов, экологическая безопасность, санитарно-защитная зона

Для цитирования: Русскова И.Г. Учет геологического риска при расчете санитарно-защитных зон мазутных котельных как элемент экологической безопасности Санкт-Петербурга // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 4. С. 36–46. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-36-46.

Scientific article

CONSIDERATION OF GEOLOGICAL RISK WHEN CALCULATING SANITARY PROTECTION ZONES OF OIL BOILER STATIONS AS AN ELEMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF SAINT-PETERSBURG

✉ Russkova Irina G.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia

✉ ruskova_ig@spbstu.ru

Abstract. In Saint-Petersburg, most boiler houses are located in residential areas and have tanks for storing fuel oil as the main or backup fuel, which requires measures to ensure environmental safety and prevent fuel oil from entering groundwater in the event of an accident. The work provides a critical analysis of the regulatory literature regulating the size of sanitary protection zones and methods for their calculation, which showed that data on the nature of the soil and the depth of the groundwater level are not taken into account in them. The results of studies are presented that prove that these parameters play a significant role in calculating the spread of a pollution spot in the groundwater of Saint-Petersburg and go beyond the normative limits. It is concluded that it is necessary to revise the current methodology for calculating sanitary

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

protection zones, taking into account the geological features of the city in order to minimize risks to the life and health of the population and the environmental situation as a whole. For this purpose it is recommended to use the results of calculations based on multifactor mathematical models using modern software.

Keywords: boiler room, groundwater, oil spill, environmental safety, sanitary protection zone

For citation: Russkova I.G. Consideration of geological risk when calculating sanitary protection zones of oil boiler stations as an element of environmental safety of Saint-Petersburg // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 4. P. 36–46. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-36-46.

Введение

Одним из ключевых параметров экологической безопасности является расчет санитарно-защитных зон (СЗЗ) на объектах повышенной опасности. При этом по действующим нормативно-правовым актам расчет размеров СЗЗ основан на объемах выбросов вредных веществ в атмосферу. Для оценки и регулирования этих выбросов на предприятии разрабатываются проекты предельно допустимых выбросов (ПДВ) и устанавливаются границы СЗЗ, в пределах которых должно находиться производство. Однако для обеспечения необходимого уровня промышленной и экологической безопасности требуется включение в расчет СЗЗ сценария аварий с разливом нефтепродуктов, что связано с их высоким риском и тяжестью их последствий [1]. При рассмотрении аварий, связанных с истечением мазута из хранилища, важно, чтобы вредное воздействие в случае аварии не распространялось за границу СЗЗ. В случае расположения объектов хранения и потребления нефтепродуктов вблизи населенных пунктов часть разлитой в результате аварии нефти может выйти за пределы предприятия по поверхности земли, воды, через ливневую канализацию и попасть в грунтовые воды. Именно загрязнение грунтовых вод в результате инфильтрации представляет особую обеспокоенность [2].

Из-за своих физико-химических свойств мазут легко проникает в почву и продолжает опускаться, доходя до уровня грунтовых вод, где переносится с водами в течение долгого времени на большие расстояния [3]. Эти вопросы актуальны для Санкт-Петербурга в связи с его особыми геологическими условиями, среди которых – наличие современных тектонических зон и палеодолин, которые вызывают геологическую нестабильность, карстообразование, боковую эрозию, образование природного газа, выход радона, а также вероятность наводнений и подтоплений из-за повышенного уровня грунтовых вод. Для Санкт-Петербурга и Ленинградской обл. проблема еще усугубляется характером почвы, преимущественно подзолистой и дерново-подзолистой [4]. Воздействие загрязняющих веществ зависит от ряда факторов и включает гидрогеологические условия участка, такие как: высота и тип верхних слоев почвы, глубина и объем водоносного горизонта и его связь с поверхностными водами [5]. Эта информация, применительно к влиянию на распространение загрязнений в грунтовых водах Санкт-Петербурга, малоизучена и в литературе не отражена. При этом в акватории Невы ежегодно фиксируется более 40 разливов нефти. На данный момент реки в городе из-за загрязнений, в том числе нефтепродуктами, считаются непригодными для купания. Ежегодное поступление грунтовых вод только в р. Неву составляет более 0,1 км³ в год.

Общий фон загрязнения нефтепродуктами грунтовых вод составляет 0,45 мг/л при ПДК для водных объектов: 0,05 мг/л для вод рыбохозяйственного значения и 0,1 мг/л для питьевых вод [6]. Максимальное значение концентраций загрязнения из регистрируемых в 100 раз превышает допустимые показатели.

На территории города ведется мониторинг посредством скважин. В последние годы наличие нефтепродуктов в грунтовых водах нестабильно и наблюдается периодичность их попадания. Такое изменение связано с сильным влиянием годовых осадков. Из-за геологических свойств почв, а именно их высокой пропускной и кумулятивной

способности, а также небольшой глубины грунтовых вод, насыщение почв водой в результате дождей транспортирует нефтепродукты с большой скоростью в вертикальном положении.

Наибольшее опасение из-за загрязнений связано именно с загрязнением нефтепродуктами, поскольку динамика превышения ПДК вне зависимости от периодичности наблюдений по этим веществам наибольшая. Практически на всех мониторинговых скважинах фиксируются превышения допустимого содержания. За последние 10 лет фоновое загрязнение не снижалась ниже 0,1 мг/л. Нефтепродукты попадают в грунтовые воды с промплощадок ТЭЦ. На территории объектов топливно-энергетического комплекса проводилась рекультивация, и загрязнение снизилось с превышения в 40 раз до 5, однако до сих пор не является удовлетворительным.

Согласно утвержденной приказом Минэнерго России от 12 ноября 2020 г. № 991 «Схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 года» на территории Санкт-Петербурга расположено более 400 котельных, большинство из которых находятся в жилых зонах [7]. Это требует более детального рассмотрения вопроса обеспечения безопасности для людей и окружающей среды.

Цель работы – на основе теоретических и эмпирических данных провести анализ моделей процесса возможного аварийного распространения углеводородного загрязнения в почве и грунтовых водах и миграции вещества в них за пределы СЗЗ, устанавливаемых на котельных Санкт-Петербурга.

Для достижения данной цели были решены задачи, связанные с изучением действующего законодательства в области расчета СЗЗ, моделированием процесса частичной разгерметизации резервуаров мазутохранилища, выявлением параметров, влияющих на распространение нефтяного загрязнения в грунтах, а также сравнительным анализом различных методик оценки скорости и ореолов его распространения.

Методы исследования

Теоретические вопросы расчета СЗЗ изложены в действующем законодательстве и включают ряд документов.

В СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03 СЗЗ котельной определяется ее тепловой мощностью и потребляемым топливом [8].

На предприятиях происходит оценка концентрации-количественного показателя загрязнения воздуха, характеризующегося наличием массы вредных веществ в объеме воздуха на территории предприятия и в жилых зонах рядом с ним. Размер СЗЗ для котельной с резервным мазутным топливом III класса опасности, мощностью до 200 Гкал, составляет 300 м. Ко II классу опасности относят районные котельные, мощность которых превышает 200 Гкал, функционирующие на угольном и мазутном топливе – ориентировочная СЗЗ для них составляет не менее 500 м.

Для объектов, на территории которых эксплуатируются резервуары для хранения нефтепродуктов, характерны сценарии аварий с разливом и последующим пожаром пролива. Размеры зон негативного воздействия при подобных авариях определяются, исходя из приказа Ростехнадзора от 26 декабря 2012 г. № 781 «Об утверждении Рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных химически опасных производственных объектах» [9].

В СанПиН 2.1.3684–21 наличие нефтепродуктов в почвах в пределах СЗЗ не рассматривается [10].

Из Федерального закона от 30 марта 1999 г. № ФЗ-52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» определяется необходимость расчета размеров СЗЗ только в связи с возможным негативным уровнем шумового воздействия, электромагнитного поля и концентрации вредных веществ в воздухе [11].

Документом, регламентирующим расстояния между производственными объектами и жилыми зданиями, является Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Согласно указанной информации, при наличии на объекте склада нефтепродуктов в зависимости от общей вместимости резервуаров, расстояние до ближайших жилых зданий может определяться размером зон до 100 м [12].

Ни один из приведенных документов не затрагивает вопросы аварийного разлива топлива с возможностью последующего загрязнения грунтовых вод и не регламентирует расчет СЗЗ в этой связи.

Для расчета рисков аварий используется дерево событий, отражающее вероятность и возможные аварийные сценарии. Так как на котельных большая часть нефти не используется непосредственно в техническом процессе, а находится на хранении. Были построены два дерева событий для вертикальных стальных резервуаров РВС-5000, информация об авариях на которых составляет 41,4 % от общего числа зафиксированных аварий, связанных с разгерметизацией.

Спрогнозировать распределение нефтепродуктов в грунте и подземных водах на основании эмпирических данных позволяет математическая методика, представляющая собой систему дифференциальных уравнений, описывающих трехмерное нестационарное движение жидкости. Эти модели также называются математическими, численными или вычислительными моделями подземных вод.

При этом учитывались такие свойства жидкости, как вязкость и плотность. Методики включают в себя: уравнение неразрывности, уравнения движения жидкости. Сложные систематические расчеты с большим количеством параметров возможны при использовании мощностей программно-аппаратных комплексов. Подобное компьютерное моделирование используется в гидрогеологии преимущественно в США и Великобритании, а также в некоторых странах ЕС.

Математические или численные модели обычно основаны на реальной физике, которым следует поток подземных вод. Эти математические уравнения решаются с использованием числовых кодов, таких как Visual MODFLOW Flex, ParFlow, HydroGeoSphere, OpenGeoSys и т.д.

Общим ограничением современных аналитических методов является привязка к конкретному составу углеродсодержащего топлива, что влияет на конечный расчет, если состав отличен от модельного.

В данной работе были сравнены результаты, полученные по трем методикам:

- 1) MODFLOW;
- 2) методика программного обеспечения ИНТРО-ГИС, основанная на алгоритмах программного комплекса ArcGIS, разработанная для Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям МЧС России для прогнозирования аварий разлива нефтепродуктов и их распространения;
- 3) программа глобального водного партнерства GW MATE.

Результаты исследования и их обсуждение

В данной работе рассмотрен сценарий реализации аварии, связанный с разливом нефтепродуктов на моделях процессов и реальных авариях. Разливы нефти на суше легче локализовать, но они опасны из-за инфильтрации, которая может переносить вещество в нижележащие слои почвы и тем самым загрязнять грунтовые воды [2]. Для районных котельных, эксплуатируемых в Санкт-Петербурге, характерно наличие на площадке компоновки из нескольких резервуаров объемами до 2 000 м³ и использующих мазут в качестве основного или резервного топлива. Соответственно, в рассматриваемой модели данный объем выбран в качестве расчетного для оценки зон негативного воздействия. При

моделировании аварии частичной разгерметизации резервуаров в различных направлениях площадь разрыва принималась равной 25 % от площади боковой стенки резервуара. Наибольшая площадь разлива при аварии наблюдается в сценарии, при котором поток перпендикулярен стенке резервуара (вектор А) и происходит частичное разрушение стенок с площадью разрыва от 20 % до 40 %.

На рис. 1 представлены три вектора направления потока при разгерметизации резервуара.

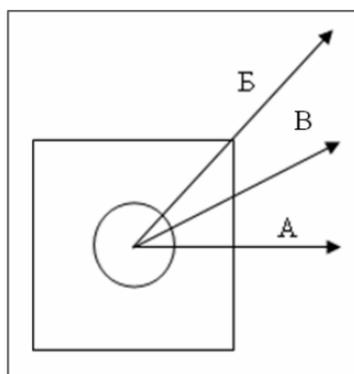


Рис. 1. Направления разлива

Полученные результаты свидетельствуют о наибольшей опасности при реализации аварии с частичным разрушением стенок. Площадь зон разлива с полной и частичной разгерметизацией сопоставимы по значению и составляют $10\,758\text{ м}^2$ и $11\,124\text{ м}^2$ соответственно. В данной модели наиболее важно различие в физических формах зон разлива. При неполном разрушении вектор направления разлива способствуют увеличению линейного размера пятна в сторону распространения утечки, а следовательно, наибольшей вероятности проникновения в глубину.

Рассматриваемый сценарий не является наиболее пессимистичным поскольку разгерметизация одного из резервуаров не будет сопровождаться выбросом всего объема мазута на площадке.

Однако для Санкт-Петербурга показатели среднегодового уровня осадков относительно высоки и составляют около 650 мм, что является неблагоприятным фактором, способствующим распространению загрязнения.

Распространение в зависимости от времени приведено на рис. 2, где средняя толщина D_0 растекающегося слоя нефти представлена как функция времени, отображаемого в днях. Кривая была получена на основе результатов полевых испытаний, в ходе которых 10 м^3 мазута было непосредственно введено в верхний насыщенный слой грунтовых вод над капиллярной каймой – граничной зоной поднятия воды между зоной аэрации и насыщения [13]. Результаты экспериментального определения D_0 совпадают с результатами исследований нефтяных аварий.

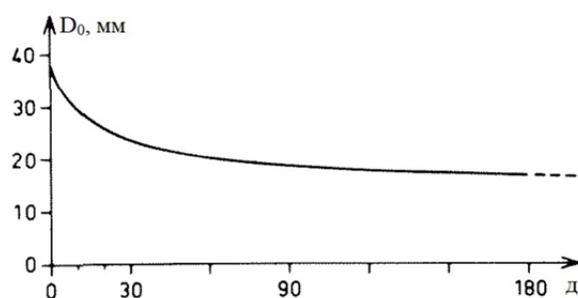


Рис. 2. Толщина слоя мазута в плюме

Форма покрытой нефтепродуктом области зависит от скорости проникновения, гидравлического градиента и гидравлической проводимости. Высокие скорости потока грунтовых вод дают участок узкой формы, вытянутый в направлении оси абсцисс; при более низких скоростях область расширяется в перпендикулярной ей оси. В неоднородных средах с различными показателями проводимости на уровне зеркала грунтовых вод распространение происходит в основном в зонах, в которых это значение самое высокое. На этом этапе происходят длительные процессы, сопровождаемые различными физико-химическими реакциями.

В модели ArcGIS разграничиваются районы с различной уязвимостью к загрязнению с использованием индекса DRASTIC на основе геоинформационной системы (ГИС) и сочетания геопространственных методов дистанционного зондирования, географической информационной системы и системы глобального позиционирования. В этой модели в качестве переменных рассматриваются семь основных гидрогеологических факторов, таких как глубина до уровня грунтовых вод (D), чистая подпитка (R), среда водоносного горизонта (A), характеристика почвы (S), топография (T), влияние водной зоны (I) и гидравлическая проводимость (C), полученные из инвентаризации скважин. Кроме того, принимаются во внимание данные об осадках, геологии, цифровой модели рельефа (ЦМР) и литологии скважины, для определения вышеупомянутых переменных.

Использование инструментов дистанционного зондирования и ГИС в сочетании с гидрогеологическими данными подтверждают прогноз модели с использованием концентрации нефтепродуктов в подземных водах исследуемой территории.

Карта загрязнения подземных вод была создана методом взвешенного наложения вышеуказанных параметров с применением методологии системы (рис. 3).



Рис. 3. Схема разлива модели ArcGIS

Санкт-Петербург расположен на южной границе Балтийского щита. Молодая порода в литосфере определяет преимущественный состав песчаника, глины и в верхних слоях представлена мелкозернистыми слабосцементированными песчаниками и голубой глиной глубиной до 20 м. Территория является зоной потенциального подтопления грунтовых вод и характеризуется системой моренного водоносного горизонта.

Все поверхностные водоемы собирают воду из неглубокого водоносного горизонта, гидравлический уклон которого варьируется в зависимости от литологического распределения и в среднем составляет 0,4 %, тогда как в глубоких водоносных горизонтах градиент имеет постоянное значение 0,3 %. В южной части ареала глубокий водоносный горизонт имеет артезианское состояние. Подъем глубоких грунтовых вод в подартезианские условия в зонах эрозии водоема может увеличить интенсивность затопления.

В зоне гидрогеологических опасностей затопления находится большая часть города. Затопление грунтовых вод обычно влияет на экологические и социально-экономические

показатели. Воздействия подтопления опасны из-за высокой скорости инфильтрации. Последствия опасны переносом веществ, находящихся в почвах, в том числе аварийно-разлитых нефтепродуктов.

Карты геологического риска для Санкт-Петербурга создаются для оценки геологических рисков для разных территорий. Методология картирования рисков основана на матрице, которая назначает определенный уровень геологического риска в зависимости от сочетания землепользования и геологических характеристик.

Геологические характеристики разделены на семь групп, каждая из которых описывает фактор геологического риска. Это строительные ограничения, наличие палеодолин, неотектонических зон, крутизна склонов, карстовые процессы и др.

Потенциал геологического риска оценивается отдельно для каждого типа землепользования и каждого класса факторов геологического риска.

Уровень потенциального геологического риска определяется номинальными значениями от 1 до 4:

- 1) потенциально низкий геологический риск для рассматриваемого типа землепользования: управление рисками не требуется;
- 2) потенциально средний геологический риск для рассматриваемого типа землепользования: рекомендуется управление рисками;
- 3) потенциально высокий геологический риск для рассматриваемого типа землепользования: необходимо управление рисками;
- 4) потенциально очень высокий геологический риск для рассматриваемого типа землепользования: управление рисками обязательно.

На основании матрицы для каждого выявленного фактора геологического риска ранее была составлена карта, показывающая распределение уровней риска по территории Санкт-Петербурга (рис. 4).

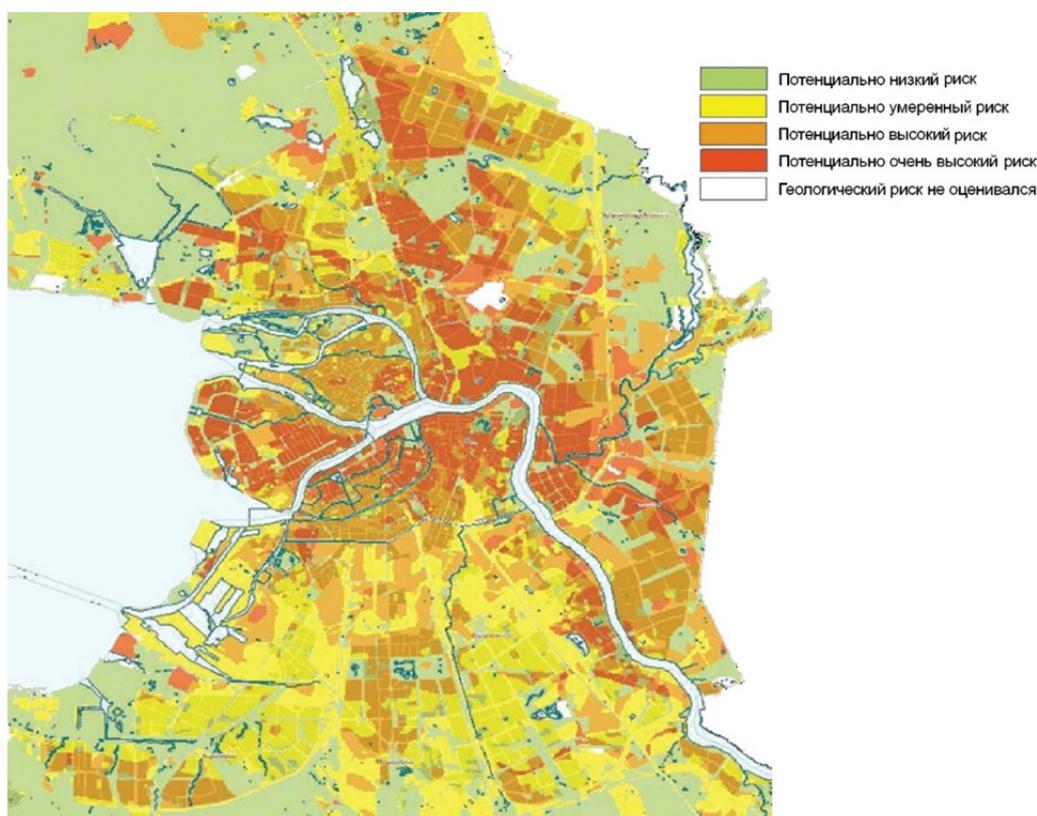


Рис. 4. Карта геологического риска Санкт-Петербурга

Проведенная оценка распространения нефтяного загрязнения в подземных слоях по методике MODFLOW (допущения: по концентрации сырой нефти 1г/л) показала, что в первые 120 дней после аварии вещество простиралось примерно на 125 м от границ разлива [14]. Это свидетельствует о том, что большинство сбросов нефти приводит к загрязнению, распространяющемуся в грунтовых водах на расстояние более 200 м уже в первые месяцы после аварии.

В международном центре ЮНЕСКО функционирует корпоративный партнер по вопросу потребления ресурсов подземных вод GW MATE. В результате разных факторов, влияющих на подвижность и устойчивость загрязнителей в недрах, из-за наличия матрицы водоносного горизонта и гораздо более медленных темпов биоразложения (как следствие низкого содержания органического углерода, бактерий и ограничения диффузии кислорода) распространение является длительным и имеет большую зону распространения. Схема распространения, предоставляемая GW MATE для точечного источника, представлена на рис. 5.

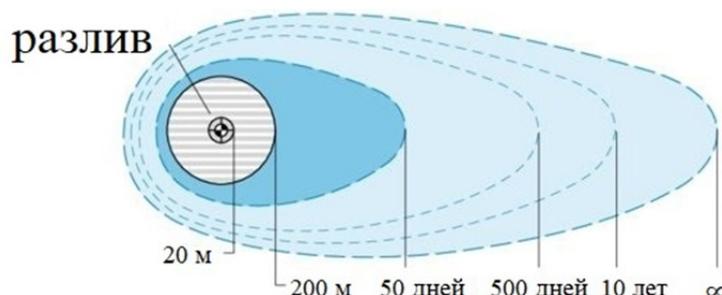


Рис. 5. Возможная карта распространения загрязнителей

Сопоставив полученные теоретические данные по приведенным методикам, можно сделать вывод, что в зависимости от выбранной методики расчета ореол распространения углеродсодержащего загрязнения в случае разгерметизации резервуара мазута варьируется от 200 до 500 м в течение первых двух месяцев. Однако любая из моделей имеет свою область определения и ограничивается набором заданных параметров. Эмпирические значения, полученные на основе анализа последствий реальных аварий в различных точках мира, свидетельствуют о еще более значительном расстоянии распространения нефтепродуктов в почве по грунтовым водам и могут составлять более 500 м и более, уже в течение первого года.

Защита грунтовых вод в основном рассматривается в отношении защиты питьевой воды, в то время как другие функции гораздо менее изучены [15]. Это относится к экосистемам, зависящим от грунтовых вод, а также к поверхностным водным объектам, которые включают гораздо большую долю общих подземных вод, чем использование человеком, однако мало упоминаются в литературе.

Выводы

Загрязнение грунтовых вод сырой нефтью – серьезная социальная, экономическая и экологическая проблема. Подземные воды представляют собой источник питьевого водоснабжения, и если они содержат токсичные соединения, становятся опасными для людей и экосистем [16].

Полученные данные подтверждают предположение о возможности выхода зон негативного воздействия за пределы СЗЗ, что свидетельствует о существовании потенциальной опасности в случае реализации аварий разлива углеводородного загрязнения для жителей и экосистем ближайших от котельных жилых районов города.

Размер СЗЗ, определенный в нормативных документах для объектов, например, 2 категории в 300 м на территории Санкт-Петербурга, является недостаточным для предотвращения последствий поступления нефтесодержащих загрязнений в грунтовые воды в случае аварии.

Необходимо не только проведение мероприятий по предупреждению разливов и ликвидаций последствий самих аварий, но и учет геологической особенности конкретного участка в соответствии с картами геологического риска с использованием современного аппаратного программирования. Полученные таким образом данные следует учитывать для разработки новых или актуализации действующих нормативно-правовых актов в области определения СЗЗ Санкт-Петербурга. Для точного прогнозирования необходимо разрабатывать подробную модель оборудования и среды, делать точные замеры слоев почв, глубины, скорости и направления грунтовых вод и при помощи программного оборудования MODFLOW или Arc-GIS произвести синтетическую симуляцию размеров зон загрязнения.

Список источников

1. Greenpeace Report: Oil and Water: ETP & Sunoco's History of Pipeline Spills. «Greenpeace USA», 2021. 28 с.
2. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв: учеб. М.: «Гаудеамус», 2007. 237 с.
3. Oliveira A. Investigation of the contaminant loads insert potential in aquifer for agricultural activity geosp: Espaco e Tempo. 2013. № 35. С. 223–236.
4. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Эколого-геохимическая оценка состояния почв исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник СПбГУ. 2014. Сер. № 7. Вып. 2.
5. Нормирование допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах / Р.Р. Шагидуллин [и др.] // Экологические биотехнологии. 2011. С. 1–5.
6. СанПиН 2.1.4.1074–01. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294846/4294846957.pdf> (дата обращения: 12.09.2023).
7. Схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 года: приказ Минэнерго России от 12 нояб. 2020 г. № 991. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/shemy-razvitiya-inzhenerno-energeticheskogo-kompleksa/aktualizaciya-shemy-teplosnabzheniya-sankt-peterburga-na-2021-god/> (дата обращения: 12.09.2023).
8. СанПин 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (дата обращения: 12.09.2023).
9. Об утверждении Рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных химически опасных производственных объектах: приказ от 26 дек. 2012 г. № 781. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902389563> (дата обращения: 12.09.2023).
10. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»: постановление Главного государственного санитарного врача Рос. Федерации от 28 янв. 2021 г. № 3 (с изм. и доп.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
11. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федер. закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13 июля 2020 г.). URL: <https://base.garant.ru/12115118> (дата обращения: 12.09.2023).

12. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 12.09.2023).
13. Schwille F. Groundwater pollution by mineral oil products: proceedings of the Moscow symposium. 1975. № 103. С. 226–240.
14. Geoffrey N. Delin and William N. Herkelrath: U.S. Geological Survey, Mounds View, 2015.
15. Шабанов В.А., Галицкова Ю.М. Математическая модель распространения загрязняющих веществ в грунте // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1. С. 1384–1387.
16. Русскова И.Г., Малышев В.П. Экологическая безопасность: учеб. пособие. СПб.: СПбПУ, 2021. 230 с.

References

1. Greenpeace Report: Oil and Water: ETP & Sunoco's History of Pipeline Spills. «Greenpeace USA», 2021. 28 s.
2. Motuzova G.V., Bezuglova O.S. Ekologicheskij monitoring pochv: ucheb. М.: «Gaudeamus», 2007. 237 s.
3. Oliveira A. Investigation of the contaminant loads insert potential in aquifer for agricultural activity geosp: Espaco e Tempo. 2013. № 35. S. 223–236.
4. Ufimceva M.D., Terekhina N.V. Ekologo-geohimicheskaya ocenka sostoyaniya pochv istoricheskogo centra Sankt-Peterburga // Vestnik SPbGU. 2014. Ser. № 7. Vyp. 2.
5. Normirovanie dopustimogo ostatochnogo sodержaniya nefi i produktov ee transformacii v pochvah / R.R. Shagidullin [i dr.] // Ekologicheskie biotekhnologii. 2011. S. 1–5.
6. SanPiN 2.1.4.1074–01. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/42948_46/4294846957.pdf (data obrashcheniya: 12.09.2023).
7. Skhemy teplosnabzheniya Sankt-Peterburga na period do 2033 goda: prikaz Minenergo Rossii ot 12 noyab. 2020 g. № 991. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/shemy-razvitiya-inzhenerno-energeticheskogo-kompleksa/aktualizaciya-shemy-teplosnabzheniya-sankt-peterburga-na-2021-god/> (data obrashcheniya: 12.09.2023).
8. SanPin 2.2.1/2.1.1.1200–03. Sanitarno-zashchitnye zony i sanitarnaya klassifikaciya predpriyatij, sooruzhenij i inyh ob"ektov. URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (data obrashcheniya: 12.09.2023).
9. Ob utverzhdenii Rekomendacij po razrabotke planov lokalizacii i likvidacii avarij na vzyvopozharoopasnyh himicheski opasnyh proizvodstvennyh ob"ektah: prikaz ot 26 dek. 2012 g. № 781. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902389563> (data obrashcheniya: 12.09.2023).
10. Ob utverzhdenii sanitarnyh pravil i norm SanPiN 2.1.3684–21 «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territorij gorodskih i sel'skih poselenij, k vodnym ob"ektam, pit'evoj vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozduhu, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatacii proizvodstvennyh, obshchestvennyh pomeshchenij, organizacii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatij»: postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Ros. Federacii ot 28 yanv. 2021 g. № 3 (s izm. i dop.). URL: <https://base.garant.ru/400289764/> (data obrashcheniya: 12.09.2023).
11. O sanitarno-epidemiologicheskom blagopoluchii naseleniya: Feder. zakon ot 30 marta 1999 g. № 52-FZ (s izm. i dop., vstup. v silu s 13 iyulya 2020 g.). Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».
12. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (data obrashcheniya: 12.09.2023).

13. Schwille F. Groundwater pollution by mineral oil products: proceedings of the Moscow symposium. 1975. № 103. S. 226–240.
14. Geoffrey N. Delin and William N. Herkelrath: U.S. Geological Survey, Mounds View, 2015.
15. Shabanov V.A., Galickova Yu.M. Matematicheskaya model' rasprostraneniya zagryaznyayushchih veshchestv v grunte // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2009. T. 11. № 1. S. 1384–1387.
16. Russkova I.G., Malyshev V.P. Ekologicheskaya bezopasnost': ucheb. posobie. SPb.: SPbPU, 2021. 230 s.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 13.10.2023; одобрена после рецензирования: 10.12.2023;
принята к публикации: 14.12.2023

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 13.10.2023; approved after review: 10.12.2023;
accepted for publication: 14.12.2023

Сведения об авторах:

Русскова Ирина Германовна, доцент Высшей школы техносферной инженерно-строительного института Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), кандидат технических наук, e-mail: ruskova_ig@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6867-850X>, SPIN-код: 9336-9420

Information about authors:

Ruskova Irina G., associate professor of the Higher school of technosphere engineering and construction institute of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politekhnicheskaya st., 29), candidate of technical sciences, e-mail: ruskova_ig@spbstu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6867-850X>, SPIN: 9336-9420