

ВЫБРОСЫ САЖИ С ТЕРРИТОРИИ ЮЖНО-ХЫЛЬЧУЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

^{1,2}Котова Е.И., ¹Туфанова О.П.

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: ecopp@yandex.ru;

²Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук,
Москва, e-mail: oksana.tufan@gmail.com

Нефтегазодобывающая отрасль оказывает значительное воздействие на окружающую среду. Одним из видов негативного воздействия является загрязнение атмосферного воздуха. Загрязняющие вещества особенно сильно влияют на природу северных регионов. В работе были рассмотрены данные выбросов сажи от источников нефтегазодобывающей отрасли с территории Южно-Хыльчуйского месторождения, расположенного в северной части Тимано-Печорской провинции, проведен пространственно-временной анализ распространения сажи в атмосферном воздухе и потоков сажи на подстилающую поверхность, сделано сравнение изменений объемов выбросов сажи в атмосферный воздух с объемами добычи нефти за 2008–2020 гг. на территории месторождения, проведен анализ полученных результатов. По полученным данным атмосферный перенос сажи от источников с территории месторождения в основном происходит в северном и северо-восточном направлениях. В зимний период загрязняющее вещество от источников с территории месторождения распространяется на более дальние расстояния, чем в летний. Также определено, что объемы выбросов черного углерода от источников нефтегазодобывающей отрасли с территории Южно-Хыльчуйского месторождения в среднем за рассматриваемое время уменьшаются, что связано в первую очередь с объемами добычи на рассматриваемом месторождении.

Ключевые слова: выбросы, черный углерод, атмосферные потоки, нефтегазовые месторождения

SOOT EMISSIONS FROM THE TERRITORY OF THE YUZHNO-KHYLCHUYSKOYE FIELD

^{1,2}Kotova E.I., ¹Tufanova O.P.

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Arkhangelsk, e-mail: ecopp@yandex.ru;

²Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, e-mail: oksana.tufan@gmail.com

The oil and gas industry has a significant impact on the environment. One of the types of negative impact is atmospheric air pollution. Pollutants especially strongly affect the nature of the northern regions. The paper considered the data of soot emissions from sources of the oil and gas industry from the territory of the Yuzhno-Khylchuysskoye field located in the northern part of the Timan-Pechora province, carried out a spatio-temporal analysis of the spread of soot and soot flows in the atmospheric air to the underlying surface, compared the changes in the volume of soot emissions into the atmospheric air with the volume of oil production for the period 2008–2020 on the territory of the deposit, the analysis of the results obtained was carried out. According to the data obtained, the atmospheric transport of soot mainly occurs in the northern and north-eastern directions from sources from the territory of the deposit. In winter, the polluting substance from the sources from the territory of the deposit spreads to distances further than in summer. It is also determined that the volume of black carbon emissions from the sources of the oil and gas industry from the territory of the Yuzhno-Khylchuysskoye field decreases on average during the time under consideration, which is primarily due to the volume of production at the field under consideration.

Keywords: emissions, black carbon, atmospheric flows, oil and gas fields

Нефтяная промышленность оказывает отрицательное влияние на окружающую среду. Освоение, обустройство и эксплуатация месторождений нефти и газа сопровождаются постепенной деградацией почвы, нарушением водного режима, уничтожением лесных растений и загрязнением атмосферы. Влияние на атмосферу возникает в результате сжигания попутного нефтяного газа и характеризуется загрязнением воздуха сернистым ангидридом, углекислым газом, диоксидом и оксидом азота.

Разведка, добыча, подготовка, транспортировка и хранение углеводородного сырья сопровождаются значительными выбросами в атмосферу метана, диоксида углерода и диоксида азота, являющихся основными парниковыми газами. Также добыча и переработка нефти связаны с большим количеством выбросов углеводородов, сероводородов и т.д.

Загрязняющие вещества особенно сильно влияют на природу северных регионов вследствие малых интенсивностей продук-

ционно-биоэнергетических процессов, низких восстановительных и самоочистительных возможностей арктических экосистем [1, с. 20–21].

Загрязняющие вещества, содержащиеся в воздухе, могут отрицательно влиять на здоровье человека. Сажа нетоксична, но она может переносить частицы смолистых веществ и металлов с канцерогенными свойствами [2].

Антропогенные примеси переносятся воздушными массами на большие расстояния, а в результате осаждения сухих выпадений и вымывания атмосферными осадками примеси поступают на поверхность. Интенсивность этих осадений зависит не только от объемов выбросов, но во многом и от таких показателей, как турбулентность, рельеф и характер подстилающих поверхностей. Трансграничные переносы в меридиональном направлении происходят медленнее, чем в широтном направлении. В связи с этим северные и южные полушария обладают своими фоновыми уровнями загрязнения [3, с. 306].

Даже при постоянных объемах и составах промышленных и транспортных выбросов вследствие влияния метеорологических условий уровни загрязнения воздуха могут различаться в несколько раз [4, с. 21].

Примеси, выбрасываемые в атмосферу, переносятся воздушными массами за пределы расположения их источников, причем интенсивность влияния отдаленных источников зависит от множества метеорологических факторов: направления и скорости

ветра, температуры воздуха, устойчивости атмосферы, осадков и т.д. [5, с. 92]. Загрязнения распространяются на дальние, значительные расстояния [6]. В Арктике, при низких температурах и слабом облучении воздуха прямыми солнечными лучами, время нахождения загрязняющих веществ в воздухе велико, зимой до 10 дней и больше, при этом возможен их перенос через атмосферу на расстояние до 10 тыс. км [7, с. 475–476].

Целью данной работы является анализ динамики и распространения выбросов сажи в атмосферный воздух со временем от источников нефтегазодобывающей отрасли на территории Южно-Хыльчуйского месторождения. Для этого в работе были проанализированы объемы выбросов черного углерода от источников нефтегазодобывающей отрасли на территории месторождения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции за 2001–2020 гг., построены и проанализированы карты-схемы потоков сажи от рассматриваемого месторождения.

Материалы и методы исследования

Южно-Хыльчуйское нефтегазовое месторождение находится в Ненецком автономном округе на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, в 120 км к северо-востоку от г. Нарьян-Мар – административного центра округа, и в 80 км к северо-западу от п. Харьягинский. Месторождение классифицируется как крупное с точки зрения извлекаемых запасов нефти (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения Южно-Хыльчуйского месторождения [8]

Его промышленная эксплуатация началась в 2008 г. совместным предприятием «Нарьянмарнефтегаз». Добыча нефти в 2008 г. составила 2,15 млн т, в 2009 г. – 6,99 млн т, в 2010 г. – 6,89 млн т [8].

Данные значений выбросов черного углерода в атмосферу с территории месторождения были получены на сайте «EMEP Centre on Emission Inventories and Projections» [9].

Анализ распространения примеси вследствие переноса воздушными массами от предполагаемого источника в данной работе проведен с использованием метода статистики траекторий переноса воздушных масс. Основа метода заключается в обработке массива данных о траекториях движения воздушных масс от конкретного источника. Траектории движения воздушных масс рассчитывались с помощью траекторной модели HYSPLIT и данных реанализа полей метеорологических характеристик на сайте Air Resources Laboratory (сервер Национального управления океанических и атмосферных исследований США – National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA). Основа метода разработана в Институте физики атмосферы Российской академии наук [10].

Концентрация примеси C_{ij} в приземном воздухе рассматриваемой ячейки географической сетки, созданная в результате выбросов Q_{ij} примеси на поверхности в ячейке сетки с координатами (ij) , вычисляется по формуле

$$C_{ij} = Q_{ij} \times Z_{ij}, \quad (1)$$

где Z_{ij} – функция чувствительности к потенциальным источникам примеси в ячейке (ij) .

Величина ее рассчитывается по массиву обратных траекторий и определяется не только количеством траекторий, прошедших через ячейку (ij) , но и качеством поверхности, над которой происходит перенос примеси, а также зависит от характеристик атмосферы по пути переноса (высота слоя перемешивания, осадки), длины пути и длительности переноса – подробнее в работе А.А. Виноградовой [10].

Все расчеты проводились на сетке $1^\circ \times 1^\circ$.

Анализ характера движения воздушных масс от источника выбросов и основные направления переноса проводился за период 2011–2020 гг.

Кроме того, в работе рассмотрены результаты экологического мониторинга на территории Южно-Хыльчююского нефтегазового месторождения за 2013–2016 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассматриваемое нефтегазовое месторождение находится в специфических условиях климата северных территорий России: экстремально низкие температуры, короткий вегетационный период, многолетнемерзлые породы и др. Это обуславливает высокую чувствительность северной природы к внешним воздействиям.

Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP) собирает данные о выбросах подкисляющих загрязнителей воздуха, тяжелых металлов, твердых частиц и фотохимических окислителей от Сторон Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, готовит базы данных в качестве исходных данных для моделей дальнего переноса. Данные «EMEP» об эмиссиях веществ в атмосферу представлены в виде суммарных эмиссий за год на градусной сетке. В работе были обобщены данные с территории Южно-Хыльчююского месторождения с 2001 г.

Согласно данным CEIP средние значения выбросов черного углерода с рассматриваемой территории до начала эксплуатации месторождения составляли 3,8 т/год. Эти выбросы связаны с особенностями методики предоставления данных о выбросах, а именно необходимостью распределения на сетке выбросов от рассредоточенных источников: транспорт, прочие стационарные источники, авиация и т.д.

После ввода месторождения в эксплуатацию от источников на территории Южно-Хыльчююского месторождения выбросы сажи в атмосферный воздух за период 2008–2020 гг. составляют 160,6 т/год, или 5,1 г/с. При этом можно выделить два периода. В 2008–2014 гг. объемы выбросов составляли 189,7–260,6 т/год. С 2015 г. объемы выбросов сажи в атмосферу с территории месторождения значительно снизились и не превышали 76,7 т/год. Одной из вероятных причин снижения выбросов может являться снижение объемов добычи. Первоначально доказанные запасы нефти на месторождении составляли более 74 млн. т. В 2009 и 2010 гг. на месторождении было добыто 7 и 6,9 млн т нефти соответственно. Переоценка запасов месторождения привела к снижению доказанных запасов нефти до 20 млн т нефти на конец 2011 г., что привело к снижению объемов добычи [8] (рис. 2).

Газ, полученный при добыче нефти на месторождении, подлежит утилизации

или переработке. Одним из простых методов утилизации попутного нефтяного газа является его сжигание в факелах. На производственном участке месторождений устанавливаются факельные установки. От сжигания попутного нефтяного газа в факельных установках в атмосферный воздух поступает огромное количество загрязняющих веществ: частицы сажи и другие вредные вещества.

С увеличением объемов добычи нефти увеличились объемы его сжигания и, следовательно, выбросы сажи в атмосферу.

По данным проведенных расчетов модельных потоков сажи с территории Южно-Хыльчуйского месторождения была

построена карта-схема распространения сажи, в том числе потоков сажи из атмосферы вследствие выбросов от источников с территории Южно-Хыльчуйского месторождения за 2011–2020 гг. (рис. 3). Согласно представленным данным наибольшее распространение сажи происходит в сторону севера и северо-востока, т.е. на акватории морей Северного Ледовитого океана в большей степени в меридиональном направлении.

Максимальных значений, 16 мкг/м² в месяц, среднегодовые потоки достигают непосредственно на территории месторождения. Среднегодовая концентрация сажи в воздухе при этом будет равна 0,007 мкг/м³.

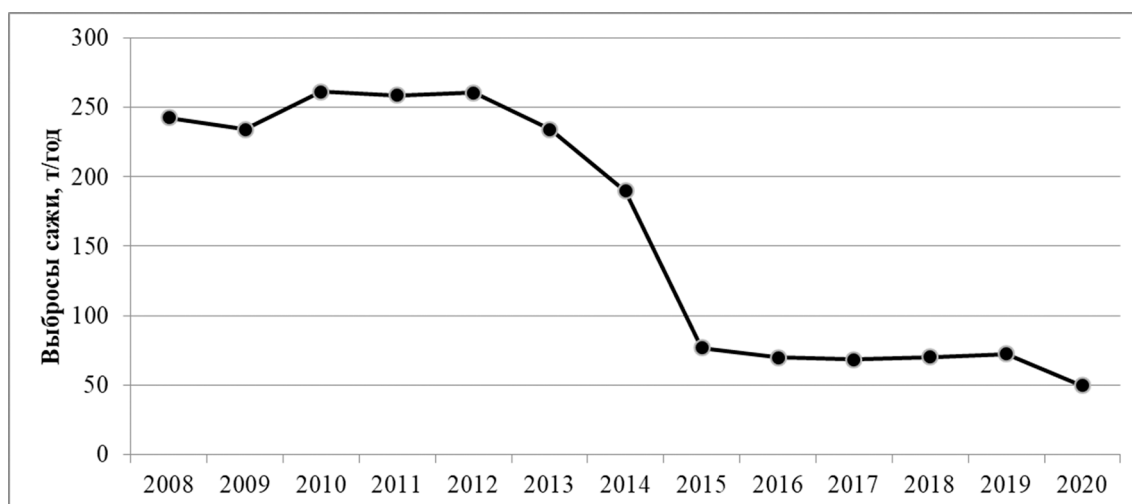


Рис. 2. Динамика выбросов сажи с территории Южно-Хыльчуйского месторождения (график построен авторами по данным СЕИР)

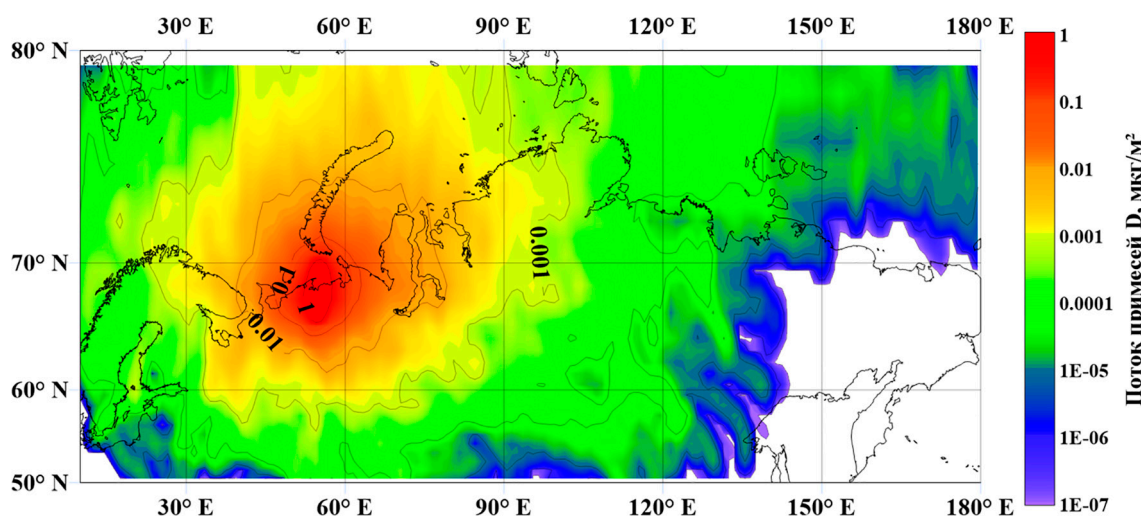


Рис. 3. Карта-схема распространения потоков сажи от источников нефтегазодобывающей отрасли на территории Южно-Хыльчуйского месторождения за 2011–2020 гг.

Сезон года оказывает существенное влияние на распространение примесей от источников месторождения, так как изменяется характер перемещения воздушных масс. В холодное время загрязняющие вещества распространяются через атмосферу на большие территории и преимущественно в направлении севера и северо-востока. Это также можно объяснить тем, что в Арктике при низких температурах и слабой инсоляции воздуха, время жизни загрязняющих веществ в воздухе велико, зимой до 10 дней и больше [7, с. 475]. В летний период распространение примесей от месторождения будет меньше. Но при этом осаждение сажи вблизи месторождения увеличится.

На территории Южно-Хыльчуйского месторождения по данным 2013–2016 гг. отбор проб атмосферного воздуха ведется в двух пунктах режимных наблюдений: первая точка в 50 м на запад от центрального пункта сбора нефти (ЦПС), вторая точка расположена в 300 м на юго-восток от ЦПС. Отбор проб воздуха производится 1 раз в год.

Согласно экологическим отчетам, содержание сажи в пробах воздуха практически ежегодно находится ниже предела обнаружения: < 0,03 мг/м³. Наличие сажи в воздухе было определено лишь в 2013 г. на уровне 0,15 мг/м³.

Заключение

Согласно данным СЕИР поступление черного углерода с рассматриваемой территории до начала эксплуатации месторождения составляло 3,8 т/год, т.е. это минимальный объем, не связанный с разработкой месторождения. За период эксплуатации Южно-Хыльчуйского месторождения (с 2008 г.) с территории рассматриваемого месторождения количество выбросов заметно сократилось с 2015 г. В среднем выбросы сажи в атмосферный воздух за 2008–2020 гг. составляют 160,6 т/год.

Распространение примесей от источников нефтегазодобывающей отрасли на территории Южно-Хыльчуйского месторождения в основном происходит в северном и северо-восточном направлениях, поэтому

лучше ситуацию загрязнения окружающей среды через атмосферу на территории Южно-Хыльчуйского месторождения будут отражать отборы проб атмосферного воздуха в направлении севера и северо-востока от месторождений. Содержание сажи по экологическим отчетам в пробах воздуха находится в пределах нормы.

Также можно отметить, что отбор проб 1 раз в год недостаточен, так как атмосферный воздух является наиболее динамичной и сложной средой, а также потому, что отбор двух проб в одном направлении от ЦПС 1 раз за год не улавливает все выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Список литературы

1. Туфанова О.П., Котова Е.И. Оценка степени загрязненности поверхностных вод при освоении нефтегазовых месторождений // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2023. № 1 (310). С. 20–26. DOI: 10.33285/2411-7013-2023-1(310)-20-26.
2. Основные источники загрязнения атмосферного воздуха. 2010. [Электронный ресурс]. URL: <https://studylib.ru/doc/2098989/osnovnye-istochniki-zagryazneniya-atmosferno-go-vozduha?ysclid=lo0d9c4l2q843635688> (дата обращения: 07.10.2023).
3. Стрельников В.В., Мельченко А.И. Экологический мониторинг: учебник. Москва: ИНФРА-М, 2023. 372 с. DOI: 10.12737/1019057.
4. Алексеев Д.К. Конспект лекций. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха. СПб.: РГГМУ, 2021. С. 27.
5. Костарева Т.В. Учет влияния метеорологических факторов при разработке схем прогноза загрязнения воздуха в городах Пермского края // Географический вестник. 2017. № 2 (41). С. 91–99. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99.
6. Перенос загрязнений. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru-ecology.info/term/48847/> (дата обращения: 07.10.2023).
7. Виноградова А.А., Пономарева Т.Я. Атмосферный перенос антропогенных примесей в Арктические районы России (1986–2010 гг.) // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25, № 6. С. 475–483.
8. Южно-Хыльчуйское месторождение. 2012. [Электронный ресурс]. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/141630-yuzhno-khylchuyuskoe-mestorozhdenie/> (дата обращения: 06.10.2023).
9. EMEP Centre on Emission Inventories and Projections: Web site. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cep.at/the-emep-grid/gridded-emissions/bc> (дата обращения: 07.10.2023).
10. Виноградова А.А., Котова Е.И. Вклады источников Европы в загрязнение свинцом и кадмием северных районов Европейской России // Живые и биокосные системы. 2018. № 23. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-23/article-2> (дата обращения: 06.10.2023). DOI: 10.18522/2308-9709-2018-23-2.