

## Воздействие выбросов продуктов сжигания попутного нефтяного газа на особо охраняемые природные территории

*В. А. Хамедов<sup>1\*</sup>, Н. В. Давыдова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\*e-mail: khamedov.vladimir@mail.ru

**Аннотация.** Особо охраняемые природные территории, расположенные в границах Ханты-Мансийского автономного округа, подвержены риску негативного воздействия в связи с высокой техногенной нагрузкой от действующих нефте-газодобывающих предприятий. Одним из существенных факторов негативного воздействия на охраняемые территории является хроническое тепловое и газохимическое загрязнение атмосферы продуктами сжигания попутного нефтяного газа. В работе дана общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в регионе, представлены результаты расчета зон атмосферного загрязнения в результате сжигания попутного нефтяного газа, выполненного с применением геоинформационных технологий, даны рекомендации по проектированию перспективных особо охраняемых природных территорий в границах муниципальных образований округа и проведен анализ экологической отчетности, подтверждающий ежегодное снижение объемов загрязнения атмосферы в регионе в результате реализации природоохранных мероприятий.

**Ключевые слова:** попутный нефтяной газ, тепловое и газохимическое загрязнение, выбросы в атмосферу, дистанционное зондирование Земли, особо охраняемые природные территории

## Impact of APG flaring emissions to specially protected natural areas

*V. A. Khamedov<sup>1\*</sup>, N. V. Davydova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: khamedov.vladimir@mail.ru

**Abstract.** Specially protected natural areas located on the borders of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug are at risk of negative impact due to a high degree of technogenic danger from an increase in oil and gas production. One of the significant factors of negative impact on protected areas is chronic thermal and gas chemical pollution of natural products of associated petroleum gas. The paper gives a general description of atmospheric air pollution in the region, presents the results of calculating the zones of atmospheric pollution as a result of the burning of associated petroleum gas, performed using geoinformation technologies, gives recommendations on the design of promising specially protected natural areas within the boundaries of the municipalities of the district and analyzes environmental reporting, confirming the annual reduction in the volume of air pollution in the region as a result of the implementation of environmental measures.

**Keywords:** associated petroleum gas, thermal and gas chemical pollution, emissions into the atmosphere, remote sensing of the Earth, specially protected natural areas

Ханты-Мансийский автономный округ является основным нефтедобывающим регионом Российской Федерации, на долю которого приходится порядка 41 % общероссийской добычи нефти. По состоянию на 01.01.2022 года на терри-

тории округа учтено 486 месторождений углеводородного сырья, в том числе 423 нефтяных, 23 нефтегазоконденсатных, 18 газовых, 5 газоконденсатных, 17 газо-нефтяных [1]. Разработка и эксплуатация месторождений оказывает существенное воздействие на окружающую среду территории Западной Сибири, в том числе на земли особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

На территории автономного округа находится 25 ООПТ общей площадью 2378 тыс. га., что составляет 0,2 % от общего числа всех российских ООПТ и 1,1 % от площади всех российских ООПТ [2]. Эти показатели ниже в сравнении с другими субъектами Российской Федерации. С целью развития системы ООПТ в регионе предлагается создание дополнительных охраняемых территорий, перечень которых определен концепцией развития системы ООПТ автономного округа [2], разработанной в соответствии с Основами государственной политики в области экологического развития Российской Федерации и стратегией социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа–Югры на период до 2030 года. Концепцией представлены муниципальные образования автономного округа, в границах территорий которых проектируется создание дополнительных ООПТ, однако конкретные площади, значимые для сохранения биологического разнообразия и ландшафтов, не определены. В связи с этим целью данной работы являются методические вопросы учета воздействия выбросов сжигания попутного нефтяного газа на существующие ООПТ и определение оптимальных зон размещения перспективных охраняемых территорий.

Вопросам регулирования воздействия нефтедобычи на состояние окружающей среды посвящен ряд работ. Например, в [3] разработана система оптимизационных решений для снижения нагрузки объектов нефтедобычи на ландшафты степных зон, в [4] представлены методические вопросы определения зон теплового загрязнения в радиусе действия факельных установок, в [5] на основе математического моделирования и данных о выбросах в атмосферу загрязняющих веществ сформированы карты рисков негативного воздействия загрязнения атмосферного воздуха.

Одним из существенных факторов негативного воздействия на экосистему является хроническое тепловое и газохимическое загрязнение атмосферы продуктами сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ). Загрязнение атмосферы оказывает непосредственное воздействие на растительный покров территорий, прилегающих к объектам нефтедобычи. Для контроля их состояния могут быть использованы методы, основанные на обработке данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Так, например, оценка состояния растительного покрова, подверженного атмосферному загрязнению, может осуществляться на основе индекса NDVI [6-8], обширные площади теплового загрязнения могут быть определены с использованием измерений, полученных прибором MODIS с космических аппаратов TERRA и AQUA, а состав газохимического загрязнения – с использованием приборов вертикального зондирования атмосферы, например, CRIS/ATMS/OMPS космического аппарата NOAA-20. С использованием оптических спутниковых систем могут быть обнаружены участки сажевого загрязнения территорий, образуемого в результате неполного сгорания продуктов сжигания ПНГ. Согласно проведенным исследованиям [9], при сжигании газа на ме-

сторождениях в атмосферу выбрасывается CO и CO<sub>2</sub> (65-80%), сажа (10%), а также диоксид азота NO<sub>2</sub> (от 1 до 3%), SO<sub>2</sub> (около 0,1%), NO (0,1%), H<sub>2</sub>S, бутан, гексан, пентан, метан, этан, бензапирен.

Образующиеся загрязняющие вещества, в том числе мелкодисперсные частицы (Particulate Matter) PM10 и PM2,5, попадая в атмосферу, локализуются в местах сжигания ПНГ, однако атмосферными потоками могут переноситься далеко за пределы действия факельных установок [10].

При проектировании ООПТ зоны воздействия теплового и газохимического загрязнения атмосферы в результате сжигания ПНГ возможно моделировать в геоинформационной системе (ГИС) на основе дешифрирования космических снимков теплового диапазона. В качестве прогностических параметров в модели используется плотность пространственного расположения установок по сжиганию ПНГ, их интенсивность (условная мощность факела) и повторяемость воздействия (частота обнаружения действующего факела) по данным космического мониторинга. За период наблюдения с 2013 год по 2015 год на территории автономного округа было выявлено 439 установок по сжиганию ПНГ [11] и определены их количественные характеристики. Общее количество выявленных факелов по сжиганию ПНГ составило 545 ед. При моделировании воздействие загрязнения  $E$  рассчитано по формуле:

$$E = N(i) \times P(i),$$

где  $N(i)$  - частота обнаружений действующего  $i$ -го факела;  $P(i)$  - условная мощность горения  $i$ -го газового факела.

На рис. 1 представлены результаты расчета зон загрязнения атмосферы продуктами сжигания ПНГ, выполненного с применением геостатистического метода кригинга [12] в ГИС.

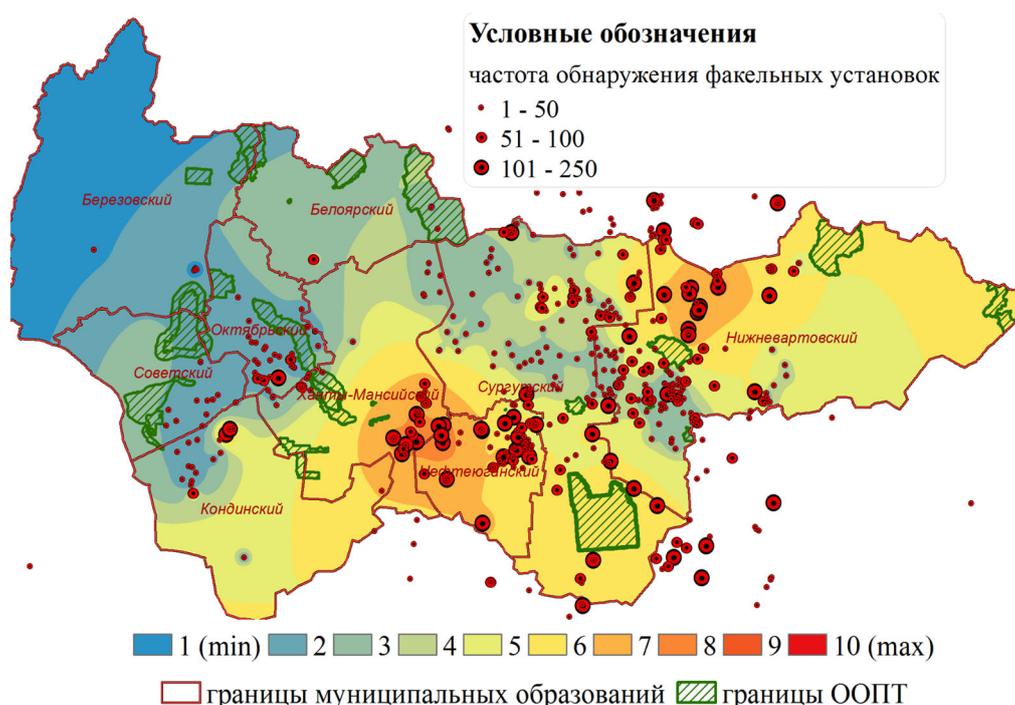


Рис. 1. Зоны атмосферного загрязнения продуктами сжигания ПНГ

На рис. 1 места факельного сжигания ПНГ обозначены красными точками с градацией по частоте обнаружения горения факела спутниковыми методами, зоны вероятного теплового и газохимического загрязнения выбросами продуктов факельного сжигания ПНГ представлены в относительной шкале от 1 (минимальное воздействие) до 10 (максимальное воздействие). Также на карту нанесены границы существующих ООПТ и границы муниципальных образований, в которых в соответствии с [2] планируется создание ООПТ.

### ***Результаты и их обсуждение***

В соответствии с рассчитанной моделью (рис. 1) наибольшее воздействие загрязняющих веществ в течении длительного периода времени испытывают ООПТ, расположенные в границах муниципальных образований Нефтеюганского, Ханты-Мансийского и Нижневартовского районов. С учетом фактора влияния факельного сжигания ПНГ проектирование перспективных ООПТ возможно в пределах территорий с низкой и средней степенью воздействия (зоны загрязнения 1-7 на рис. 1), где влияние факельных установок на атмосферное загрязнение менее выражено.

Согласно [10], зоны теплового воздействия факельных установок на лесные экосистемы условно разделены на четыре основные группы (табл.). При удалении от источника сжигания на расстояние более 10 км остаточным воздействием на экосистемы возможно пренебречь, при этом может происходить частичное проникновение и накопление остатков продуктов сжигания в фоновой зоне.

*Таблица*

**Зоны воздействия факельных установок**

№	Зона воздействия	Проявление негативного воздействия	Расстояние до факела, км
1	Интенсивная нагрузка	Практически полное уничтожение растительности и верхних горизонтов почвы	< 0,2
2	Умеренная нагрузка	Уничтожение и деградация растительности, обеднение биоразнообразия	0,2 - 1,0
3	Низкая нагрузка	Деградация растительности и накопление продуктов сгорания	1,0 - 4,0
4	Остаточное воздействие	Могут проникать и накапливаться остатки продуктов сгорания	4,0 - 10,0

Зоны воздействия газохимического загрязнения атмосферы при сжигании ПНГ значительно больше. Они достигают значений от десятков до сотен километров [13] и обусловлены атмосферным переносом продуктов сжигания тепло-

выми шлейфами от факельных установок. Спутниковые изображения, полученные, например, комбинацией тепловых каналов датчика MODIS дают качественную картину газохимического загрязнения.

Вместе с тем анализ экологической отчетности показывает ежегодное снижение объемов загрязнения атмосферы в регионе в результате реализации нефтедобывающими предприятиями программ по повышению уровня утилизации попутного нефтяного газа. Так, в 2010 году выбросы загрязняющих веществ в атмосферу составляли 2 129,4 тыс. тонн, а в 2020 году - 1 142,2 тыс. тонн [14]. При этом уровень использования ПНГ в 2022 году составит 95,8 % [1]. По материалам отчетности Службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа-Югры наблюдается устойчивое снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (рис. 2).

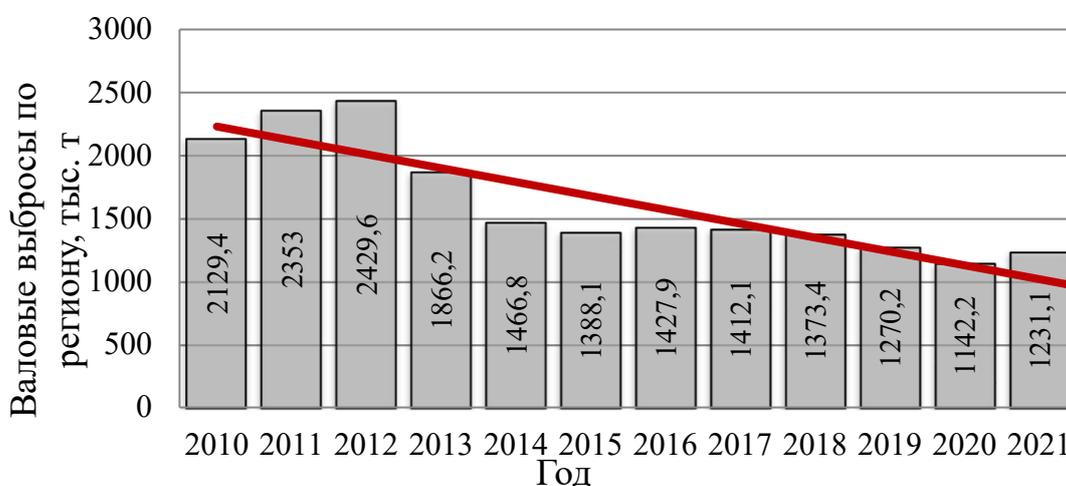


Рис. 2. Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в Ханты-Мансийском автономном округе

Особенно заметно стабильное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в период с 2012 г. Это свидетельствует об усилении мер в области охраны окружающей среды, в том числе охраны ООПТ. Регулирование деятельности в области сжигания ПНГ осуществляется, в первую очередь, с помощью действующих нормативно-правовых актов, а также соглашений между Правительством региона и нефтегазодобывающими предприятиями, что способствует повышению экологической безопасности региона в условиях существующей высокой техногенной нагрузки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Итоги работы Департамента недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа - Югры за 2022 год по состоянию на 1 октября 2022 года. -Режим доступа: <https://clck.ru/33q6zQ>.

2. О концепции развития и функционирования системы особо охраняемых природных территорий Ханты-Мансийского автономного округа - Югры на период до 2030 года [Элек-

тронный ресурс]: Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа - Югры от 12 июля 2013 г. № 245-п (ред. от. 21.03.2014 № 98-п, от 26.04.2019 № 138-п). – Режим доступа: Информационно-правовой портал «Гарант».

3. Мячина К.В., Краснов Е.В. Пути оптимизации степных ландшафтов в условиях добычи нефти и газа // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, № 1. с. 76-86.

4. Алексеева, М. Н. Тепловое воздействие на нефтедобывающие территории Томской области при сжигании попутного нефтяного газа / М. Н. Алексеева, И. Г. Яценко, Т. О. Перемитина // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15. – № 5. – С. 52-60. – DOI 10.21046/2070-7401-2018-15-5-52-60.

5. Полищук, Ю. М. Картографирование экологических рисков воздействия нефтедобычи на растительный покров с использованием спутниковых данных / Ю. М. Полищук, О. С. Токарева // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7. – № 3. – С. 269-274.

6. Полищук Ю.М., Хамедов В.А., Русакова В.В. Дистанционные исследования воздействия факельного сжигания попутного газа на лесорастительный покров нефтедобывающей территории с использованием вегетационного индекса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 1., с. 61-69.

7. Косолапов, В. А. Мониторинг территорий с использованием спектральных индексов / В. А. Косолапов, Е. П. Хлебникова // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2021. – № 2. – С. 128-134. – DOI 10.33764/2687-041X-2021-2-128-134.

8. Верхотуров, А. А. Геоинформационное картографирование пихтово-еловых лесов по данным космических съемок в различных спектральных диапазонах / А. А. Верхотуров, В. А. Мелкий, Р. Н. Сабиров // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2020. – Т. 1. – С. 141-147. – DOI 10.33764/2687-041X-2020-1-141-147.

9. Алексеева М.Н., Головацкая Е.А., Яценко И.Г., Пустовалов К.Н. Среднетаежные леса ХМАО в условиях нефтегазодобычи // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию ЦЭПЛ РАН – М.: ЦЭПЛ РАН, 2022. с.146-149.

10. Попутный нефтяной газ в России: "Сжигать нельзя, перерабатывать!": Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России / П. А. Кирюшин, А. Ю. Книжников, К. В. Кочи [и др.]. – Москва: Всемирный фонд природы, 2013. – 88 с. – ISBN 978-5-9901107-9-3.

11. Куприянов М.А. Автоматизированная информационная система анализа данных дистанционного зондирования Земли для выявления действующих факельных установок // Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции / АУ “Югорский НИИ информационных технологий”. -Ханты-Мансийск: Югорский формат, 2015. с. 82-84.

12. Oliver, M. A. “Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems.” International Journal of Geographic Information Systems 4: 313–332. 1990.

13. Автоматизированная система спутникового мониторинга пожарной обстановки в технологических коридорах трубопроводов и лесах ХМАО / В. М. Брыксин, А. В. Евтюшкин, А. В. Еремеев [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – № 1. – С. 90-95.

14. Отчет о результатах деятельности Природнадзора Югры в сфере охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности за 2021 год. -Режим доступа: <https://clck.ru/33q6xW>

© В. А. Хамедов, Н. В. Давыдова, 2023