

УДК 550.84
DOI 10.17513/use.38284

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИШАЙНИКАХ ЭПИГЕЙНОЙ ГРУППЫ (НА ПРИМЕРЕ ХАРЬЯГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА)

^{1,2}Котова Е.И., ²Суетин Ю.А.

¹ФГБУН «Институт океанологии имени П.П. Ширшова» Российской академии наук, Москва, e-mail: ecopp@yandex.ru;

²ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Архангельск, e-mail: yura.suetin2000@gmail.com

Цель работы заключалась в оценке влияния разработки нефтяных месторождений на содержание химических элементов в лишайниках эпигейной группы, которые используются в качестве индикаторов антропогенного влияния на окружающую среду. Территория исследования активно используется оленеводами для выпаса северного оленя, в организм человека тяжелые металлы попадают по трофической цепи, накапливаются и вызывают различные заболевания. В работе использованы данные анализа проб эпигейных лишайников, отобранных на различной удаленности от Харьягинского месторождения в Ненецком автономном округе. Отбор проб осуществлялся в 2023 г. на четырех площадках по маршруту Нарьян-Мар – Харьягинское месторождение. Для определения химических элементов разложение образцов лишайников проводили путем кислотного вскрытия. Элементный анализ проб проведен по методике NSAM 499-АЭС/МС. Было определено, что накопление Са, Zn, Ag, Cd лишайниками характерно для всей территории исследования (коэффициенты обогащения больше 10). Загрязнение цинком и кадмием имеет антропогенное происхождение, которое преимущественно связано с выбросами автотранспорта, так как точки отбора проб находились на незначительном удалении от автомобильной дороги, ведущей к месторождению. В точке, находящейся в непосредственной близости к месторождению, наблюдается обогащение лишайников Cu, Mo, Zn, Cd, что указывает на локальное загрязнение окружающей среды этими элементами, связанное с деятельностью Харьягинского месторождения.

Ключевые слова: лишайники, тяжелые металлы, аккумуляция, Ненецкий автономный округ, Харьягинское нефтяное месторождение

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF OIL FIELD DEVELOPMENT ON THE CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS IN LICHENS OF THE EPIGENOUS GROUP (ON THE EXAMPLE OF THE KHARYAGA FIELD NENETS AUTONOMOUS OKRUG)

^{1,2}Kotova E.I., ²Suetin Yu.A.

¹Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: ecopp@yandex.ru;

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, e-mail: yura.suetin2000@gmail.com

The aim of the work was to assess the impact of oil field development on the levels of chemical elements accumulation in epigeal lichens, which are used as indicators of anthropogenic impact on the environment. The study area is actively used by reindeer herders for reindeer grazing, heavy metals enter the human body through the trophic chain, accumulate and cause various diseases. In this paper we used data from the analysis of epigeic lichen samples taken at different distances from the Kharyaginskoye field in the Nenets Autonomous District. Sampling was carried out in 2023 at four sites along the route Naryan-Mar – Kharyaginskoye field. To determine chemical elements, decomposition of lichen samples was carried out by acid stripping. Elemental analysis of the samples was carried out according to the method of NSAM 499-AES/MS. It was determined that accumulation of Ca, Zn, Ag, Cd by lichens is typical for the whole study area (enrichment factors greater than 10). Zinc and cadmium contamination is of anthropogenic origin, which is predominantly related to motor transport emissions, as the sampling points were located at an insignificant distance from the motor road leading to the deposit. At the point located near the field, enrichment of lichens with Cu, Mo, Zn, Cd is observed, which indicates local pollution of the environment with these elements associated with the activities of the Kharyaga field.

Keywords: lichens, heavy metals, accumulation, Nenets Autonomous District, Kharyaginskoye oil field

Введение

Использование лишайников различных типов как биологических параметров нагрузки на природную среду обладает длинной исторической ретроспективой. Финский лишенолог Уильям Найландер, изучая

лишайниковую флору Парижа в XIX в., впервые заметил, что эти растения чувствительны к загрязнению воздуха [1]. С 1950-х гг. существенная доля научных работ, посвященных применению лишайников различных биологических групп,

ориентируется на оценку воздействия химических металлов, в частности тяжелых химических элементов, оксида серы, на состояние этой растительности. Значительная концентрация химических элементов в воздушной среде способствует внешним и физиологическим изменениям состояния лишайника [2].

До промышленной революции загрязнение окружающей среды было незначительным. Однако с развитием промышленности и ростом городов ситуация резко изменилась. Основным источником загрязнения окружающей среды являются добыча и сжигание ископаемых видов топлива, таких как уголь, нефть и газ. При их сгорании в атмосферу попадает значительное количество вредных веществ [3–5].

В данном исследовании изучается состав эпигейных (напочвенные лишайники и лишайники замшелых субстратов) лишайников на различном удалении от Харьягинского нефтяного месторождения, которое расположено в юго-восточной части Ненецкого автономного округа. Харьягинское месторождение является крупным нефтяным месторождением, его разработка началась в 1988 г. объединением «Коминепфть». На сегодняшний день добычу нефти на данном месторождении осуществляет ООО «ЛУКОЙЛ-Коми». Разработка нефтяных месторождений оказывает негативное влияние на окружающую природную среду,

основными вредными веществами, выбрасываемыми в атмосферу, являются оксиды азота (NO_x), диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO), углеводороды, бенз(а)пирен, сероводород (H_2S), этилбензол, кумол, псевдокумол [6, 7]. Вся территория исследования активно используется оленеводами для выпаса северного оленя. Тяжелые металлы накапливаются в лишайниках – основе кормовой базы оленей в зимний период. Тяжелые металлы токсичны для живых организмов и способны проявлять кумулятивное действие, что способствует последующему попаданию химических соединений в человеческий организм. Их токсичность обусловлена взаимосвязью функциональных характеристик белковых, углеводных соединений, присутствующих в организме людей, что впоследствии вызывает отравление и появление целого ряда серьезных заболеваний систем организма.

Цель исследования – оценить содержание химических соединений в эпигейных лишайниковых сообществах в районе Харьягинского месторождения и определить возможные взаимосвязи между накоплением элементов лишайниками и геохимическими условиями окружающей среды.

Материалы и методы исследования

Отбор проб эпигейных лишайников осуществлялся на территории четырех площадок НАО в 2023 г. (рис. 1).

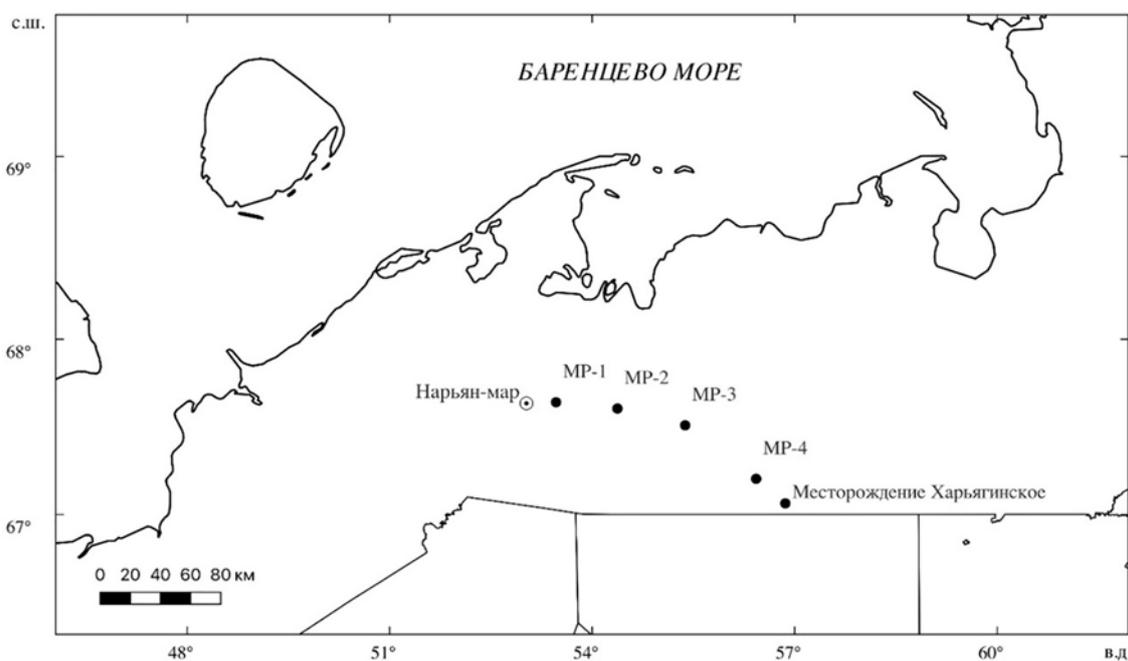


Рис. 1. Географическое местоположение отбора растительности – эпигейных лишайников на различной удаленности от Харьягинского месторождения

Точка МР-1 – это территория правого берега р. Куя, где расположено плоскобугристое болото. Макрорельеф представлен большими плоскими вытянутыми буграми, создающими впечатление гряд. Микрорельеф – глубокие впадины и бугры высотой 20–30 см. Растительное сообщество – кустарниково-кустарничково-мохово-лишайниковое болото. Общее проективное покрытие (ОПП) – 97%; 2% – ветошь и опад, 1% – пятна голого грунта.

Точка МР-2 расположена на 63 км Лаявожской дороги в долине руч. Ярей-Шор. Микрорельеф предоставлен микровпадинами и бугорками диаметром 30–40 см. Участок относительно не нарушен. Растительное сообщество – кустарниково-кустарничково-мохово-лишайниковая тундра. ОПП – 97%; 3% – ветошь и опад.

Точка МР-3 расположена в средней части водораздела, долина реки р. Янгчеви́ска. Участок сильно нарушен в результате оленеводства. Растительное сообщество – ерниково-кустарничково-мохово-лишайниковая тундра. ОПП – 90%; 7% – ветошь и опад, 3% – пятна голого грунта.

Точка МР-4 расположена в долине р. Хяръяха (правый берег), вершина водораздела. Описание делалось на бугре. Кустарники и кустарнички образуют бугорки диаметром до 60 см, рядом низины, заполненные осоками и кустарниками. Растительное сообщество – ерниково-кустарничково-мохово-лишайниковое болото. ОПП – 90%; 7–8% – ветошь и опад, 2–3% – пятна голого грунта.

В общей сложности было отобрано 7 проб эпигейных лишайников. В точках МР-1, МР-2, МР-4 были отобраны лишайники видов: *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. em Ruoss ssp. *mitis* (Sandst.) Ruoss, *Flavocetraria nivalis* (L.) Kärnefelt. В точке МР-3 был отобран только вид *Flavocetraria nivalis* (L.) Kärnefelt, так как второй вид встречен не был.

Пробы лишайников отбирали в стерильные полиэтиленовые пакеты, используя одноразовые перчатки, чтобы избежать загрязнения. Усредненные пробы лишайников отбирали с площади 16 м² в рамках естественных границ не крупных контуров растительности, хорошо отграниченных друг от друга физиономически – по доминантам. Этот метод хорошо применим к тундровой растительности в условиях умеренно расчлененного рельефа (холмов, сопок, водоразделов). Для того чтобы проанализировать отобранные пробы, преимущественно были собраны верхушки лишай-

ников эпигейной группы. В лабораторных условиях производилась сушка растений (максимальная температура – 35 °С), очистка лишайников от частиц массивов грунта и фрагментов иных биологических пород посредством пинцета, растирка лишайника при помощи ступки.

Для определения химических элементов разложение образцов лишайников проводили путем кислотного вскрытия. Поэлементный состав выявлен в Аналитическом испытательном центре ФГБУН ИПТМ РАН, основываясь на методическом подходе НСАМ 499-АЭС/МС.

Содержание ряда химических элементов, в том числе цинка, магния, алюминия, железа, выявлено посредством эмиссионной спектроскопии iCAP-6500. Содержание других химических элементов, в частности молибдена, хрома, меди, выявлено с применением метода спектроскопии X Series 2. В целях реализации контроля над анализом образцов отобранных соединений применялись образцы INCT-OBTL-5 и ГСО 10171-2012.

Чтобы выявить вклад какого-либо химического источника в создание поэлементной структуры эпигейных лишайников, вычислены индексы обогащения на основе формулы

$$ИО = \frac{\left(\frac{Эл}{Al}\right)_{П}}{\left(\frac{Эл}{Al}\right)_{ЗК}},$$

где Эл / Al – наличие в пробе лишайника конкретного химического соединения, в том числе алюминия в образце и земной коре, содержащей изучаемую группу лишайников.

Результаты исследования и их обсуждение

Индексы обогащения исследуемой группы лишайников химическими соединениями по отношению к структуре земной коры проиллюстрированы на рис. 2. Для определения коэффициента обогащения эпигейных лишайников в точках исследования использовались кларки по Rudnick, Gao, 2003 [8].

Для подавляющего числа химических соединений с включением, например, лития, ванадия, стронция, галлия и др., индексы обогащения по пробам имеют уровень менее 10, что подтверждает поступление названных элементов из литогенных источников территории произрастания лишайников.

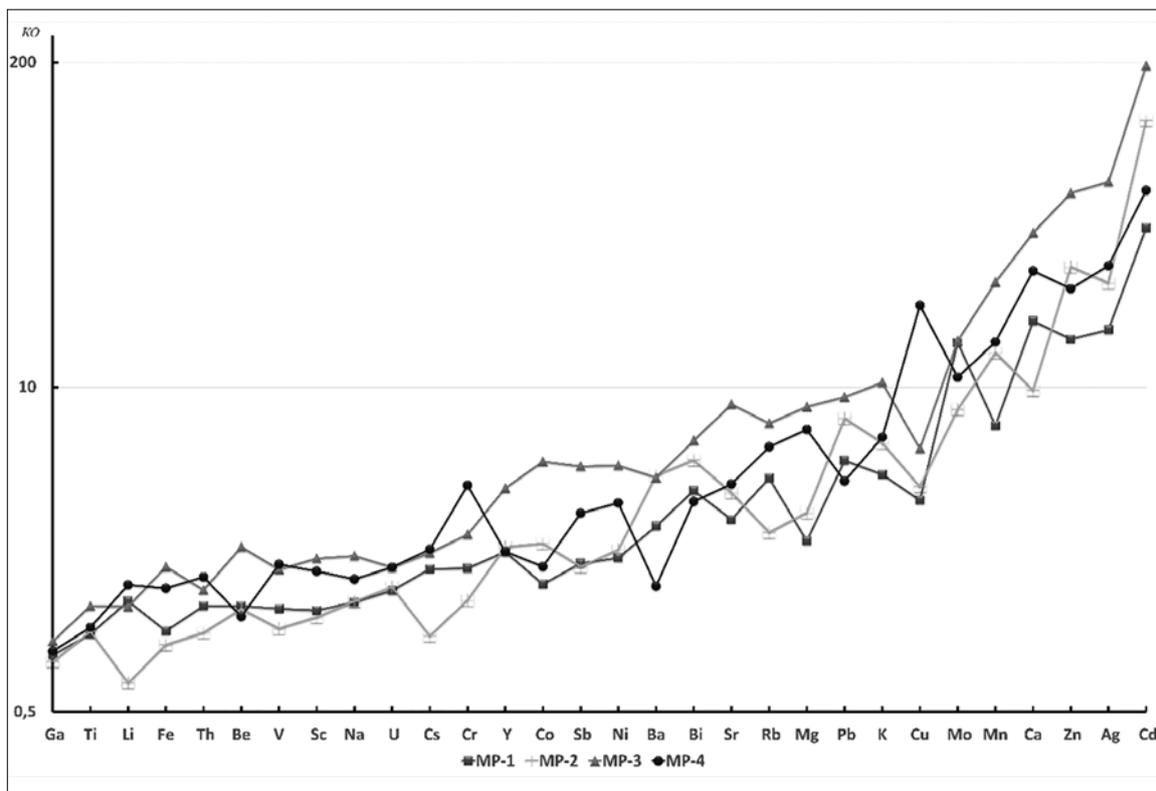


Рис. 2. Медианы коэффициентов обогащения эпигейных лишайников по точкам отбора:
 MP-1 – самая удаленная от месторождения,
 MP-4 – в непосредственной близости к месторождению

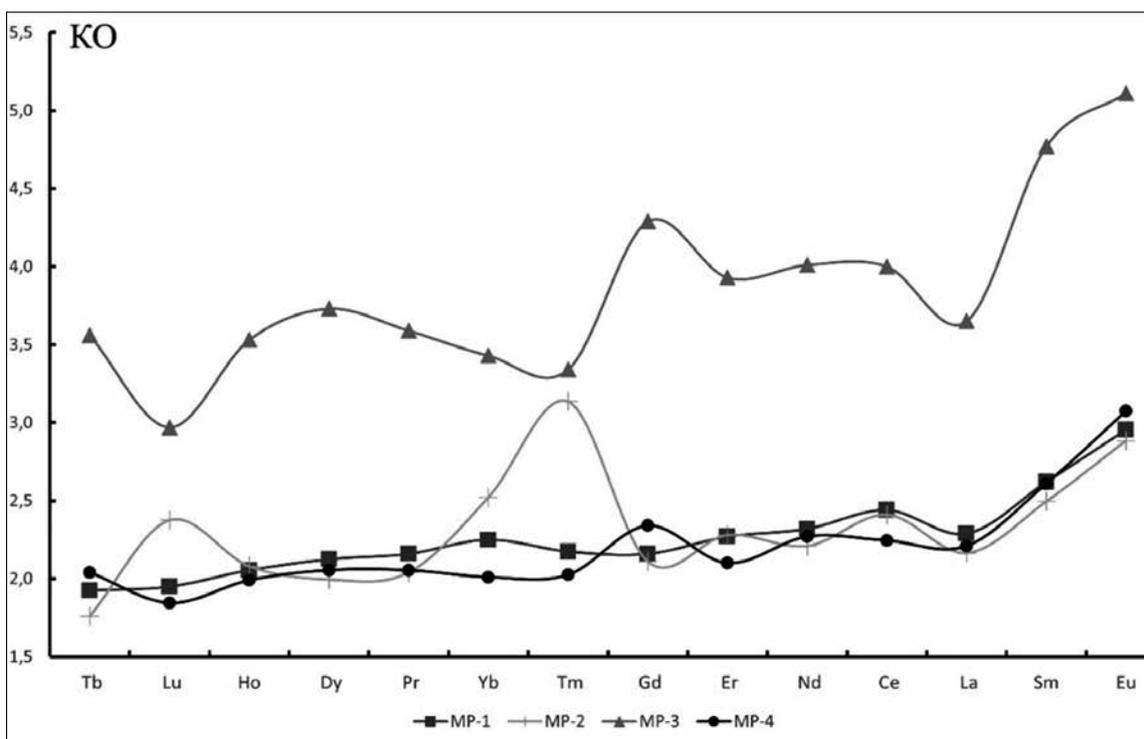


Рис. 3. Медианы PЗМ в лишайниках, нормализованные с учетом распределения PЗМ в структуре земной коры (PЗМ_{З.К.})

Крайне высокая степень индекса обогащения отмечается при наличии марганца, меди и молибдена в пробах. Вместе с тем полученные пробы эпигейных лишайников показывают существенное обогащение некоторыми химическими соединениями с включением кадмия, кальция и серебра, поскольку уровень превышает десять единиц.

Стоит обратить внимание, что достаточно высокий уровень индекса обогащения при наличии в растительном образце кадмия свидетельствует о воздействии на состояние лишайника антропогенной деятельности, при этом данный факт характерен для всех географических точек забора образцов. Максимальный уровень индекса обогащения на территориальных зонах, максимально удаленных от нефтегазового месторождения, подтверждает, что включение в образец кадмия носит пространственный характер. Одновременно с этим дальний перенос обозначенных химических элементов больше влияет на состояние лишайника по сравнению с локальной негативной экологической обстановкой. Более высокий ИО кадмием обнаруживается в токах МР-3 и МР-2, которые более удалены от месторождения, чем точка МР-4, которая располагалась в непосредственной близости от разрабатываемого месторождения.

В точке МР-4, которая располагалась в непосредственной близости от месторождения, ИО > 10 для элементов Cu, Mo, Mn, Ca, Zn, Ag, Cd. Высокое содержание Cu, Mo, Zn и Cd в лишайниках чаще всего имеют антропогенное происхождение, в исследуемом районе это наиболее вероятно связано именно с деятельностью и работой месторождения [9, 10].

Сравнительный анализ содержания РЗМ в собранных пробах со структурой земной коры позволил отметить, что распределение во многих пробах РМЗ похоже по структуре верхней части земной коры (РЗЭ з.к.), обозначенному на рис. 3. Проиллюстрированный результат подтверждает отсутствие антропогенной нагрузки данных химических соединений на природную среду территории.

Заключение

Химический состав эпигейных лишайников варьируется в широких пределах и определяется влиянием множества факторов. В частности, поступление литогенной пыли оказывает существенное влия-

ние на содержание различных химических элементов, в частности урана, РЗМ, титана, циркония, хрома.

Для кадмия основополагающую роль играет дальний перенос от непосредственного источника загрязнения: Харьягинского месторождения.

Все пробы лишайников оказались значительно обогащены следующими элементами (ИО > 10): Ca, Zn, Ag, Cd. Загрязнение цинком и кадмием имеет антропогенное происхождение, которое, вероятнее всего, связано с выбросами автотранспорта. Точки отбора проб находятся на незначительном удалении от автомобильной дороги, ведущей к месторождению. Это загрязнение имеет пространственный характер распространения, коэффициент обогащения больше 10 во всех четырех точках отбора проб лишайников. В непосредственной близости от месторождения ИО > 10 по Cu, Mo, Zn и Cd, что говорит о локальном загрязнении окружающей среды этими элементами.

Добыча углеводородов оказывает значительное влияние на близлежащие территории, происходит аккумуляция химических элементов в окружающей среде. Эпигейные лишайники являются важным информативным природным архивом, который может свидетельствовать о загрязнениях почвы, воды и атмосферы тяжелыми металлами.

Исследуемые территории исторически используются в хозяйственной деятельности коренными народами – ненцами для выпаса северных оленей, основу питания которых составляют лишайники. Использование результатов исследовательской работы возможно при оценке влияния загрязнения на популяции северных оленей, а также в сфере нормирования продукции сельскохозяйственного производства. Полученные результаты предоставляют ценную информацию, необходимую для принятия обоснованных решений по устойчивому развитию в районах добычи углеводородов.

Список литературы

1. Nylander W. Hypochlorite of Lime and Hydrate of Potash, two new Criteria in the study of Lichens // Botanical Journal of the Linnean Society. 1866. Vol. 9, Is. 38. P. 358–365.
2. Van Dobben H.F. et al. Relationship between epiphytic lichens, trace elements and gaseous atmospheric pollutants // Environmental Pollution. 2001. Vol. 112, Is. 2. P. 163–169.
3. Муратова С.К., Кенжегалиева Ж.М., Музаппарова А.Б. Загрязнение атмосферы нефтегазовыми выбросами // World science. 2015. № 3 (3). С. 6–8.
4. Дитц Л.Ю., Дудина Т.Н., Цускман Е.И., Катункина Е.В. Геоэкологические проблемы территорий нефтедобычи // Успехи современного естествознания. 2020. № 3. С. 72–77. DOI: 10.17513/use.37348.

5. Томина Т.К. Содержание тяжелых металлов в техногрунте рекультивированных участков на нефтяном месторождении // Гидрометеорология и экология. 2017. № 1 (84). С. 90–99.
6. Толпышева Т.Ю., Шишконова Е.А. Лишайники естественных и нарушенных олиготрофных болот Самотлорского нефтяного месторождения // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2023. № 4. С. 59–75. URL: <https://moip-bio.msu.ru/stati/lishajniki-estestvennyh-i-narushennyh-oligotrofnih-bolot-samotlorskogoneftyanogo-mestorozhdeniya> (дата обращения: 09.05.2024). DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2023-128-4-59-75.
7. Чайкин С.А. Загрязнение атмосферного воздуха на территории природно-техногенных участков нефтяных месторождений Пермского края // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. № 1–3. С. 692–694. URL: http://www.ssc.smr.ru/izv_2014_1.html (дата обращения: 09.05.2024).
8. Rudnick R., Gao S. Composition of the Continental Crust // Treatise Geochem. 2003. Is. 3. P. 1–64.
9. Богоявленский В.И. Арктика и Мировой океан: современное состояние, перспективы и проблемы освоения ресурсов углеводородов // Научные труды Вольного экономического общества России. 2014. № 182. С. 12–179.
10. Пушкарёва М.В., Середин В.В., Лейбович Л.О., Чиркова А.А. Оценка природной среды на территориях нефтедобычи при инженерно-экологических изысканиях // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. № 6. С. 35–40.