

**Мониторинг атмосферного воздуха в районе предприятий
по утилизации опасных промышленных отходов**

© 2023. Т. Я. Ашихмина^{1,2}, д. т. н., профессор, г. н. с., зав. лабораторией,
Г. Я. Кантор^{1,2}, к. т. н., н. с., А. С. Тимонов^{1,2}, инженер,
Е. А. Домнина^{1,2}, к. б. н., с. н. с., Е. В. Дабах^{1,2}, к. б. н., с. н. с.,
Н. В. Сырчина¹, к. х. н., с. н. с., Л. В. Кондакова^{1,2}, д. б. н., профессор,
Т. И. Кутявина¹, к. б. н., с. н. с., С. Г. Скугорева², к. б. н., н. с.,
С. Ю. Огородникова², к. б. н., с. н. с., В. В. Рутман¹, м. н. с.,
Д. А. Кузнецов¹, аспирант,

¹Вятский государственный университет,

610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,

²Институт биологии Коми научного центра

Уральского отделения Российской академии наук,

167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,

e-mail: ecolab2@gmail.com

По материалам инженерно-экологических изысканий на проектирование производственно-технического комплекса (ПТК) «Марадыковский» по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности сделан анализ расчётных выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух, в перечень которых входит 49 веществ различной химической природы и степени опасности. Проведено ранжирование ЗВ по величине критерия опасности этих веществ, учитывающего их токсичность и объёмы выброса в атмосферу. По полученным данным в программу экологического мониторинга атмосферного воздуха рекомендуется включить 22 приоритетных показателя. Кроме общепромышленных ЗВ (оксиды серы, азота, углерода, взвешенные вещества), к ним отнесены специфические ЗВ, характерные для предприятий по утилизации и обезвреживанию опасных промышленных отходов – это диоксины, бенз[а]пирен, оксиды кадмия, меди, никеля, свинца, алюминия, цинка, железа(III), ртути, а также аммиак, газообразные соединения фтора, хлороводород, циановодород. Предложено включить в программу мониторинга атмосферного воздуха мониторинг снежного покрова и показатели отклика биоты на техногенное атмосферное воздействие. Разработана карта-схема сети и предложен регламент проведения экологического мониторинга атмосферного воздуха.

Ключевые слова: мониторинг атмосферного воздуха, утилизация и обезвреживание промышленных отходов, приоритетные загрязняющие вещества.

**Atmospheric air monitoring in the area of enterprises
for the disposal of hazardous industrial waste**

© 2023. T. Ya. Ashikhmina^{1,2} ORCID: 0000-0003-4919-0047¹

G. Ya. Kantor^{1,2} ORCID: 0000-0002-6462-6702² A. S. Timonov^{1,2} ORCID: 0000-0001-8560-3051¹

E. A. Domnina^{1,2} ORCID: 0000-0002-5063-8606² E. V. Dabakh^{1,2} ORCID: 0000-0002-6088-4819²

N. V. Syrchina¹ ORCID: 0000-0001-8049-6760¹ L. V. Kondakova^{1,2} ORCID: 0000-0002-2190-686X²

T. I. Kutyavina¹ ORCID: 0000-0001-7957-0636¹ S. G. Skugoreva² ORCID: 0000-0002-5902-5187²

S. Yu. Ogorodnikova² ORCID: 0000-0001-8865-4743² V. V. Rutman¹ ORCID: 0000-0002-9025-3487¹

D. A. Kuznetsov¹ ORCID: 0000-0002-5554-8378¹

¹Vyatka State University,

36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,

²Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,

28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,

e-mail: ecolab2@gmail.com

Based on the materials of engineering and environmental surveys for the design of an industrial and technical complex (ITC) for the processing, disposal and neutralization of waste of I and II hazard classes "Mirny", an analysis of the calculated emissions of pollutants into the atmospheric air was made, the list of which includes 49 substances of various chemical nature and degree of danger. The pollutants were ranked according to the magnitude of the hazard criterion of these substances, taking into account their toxicity and volumes of emissions into the atmosphere. According to the data received, it is recommended to include 22 priority indicators in the program of environmental monitoring of atmospheric air. In addition to general industrial pollutants (oxides of sulfur, nitrogen, carbon, suspended solids), they include specific pollutants characteristic of enterprises for the disposal and disposal of hazardous industrial waste – these are dioxins, benzo[a]pyrene, oxides of cadmium, copper, nickel, lead, aluminum, zinc, iron(III), mercury, as well as ammonia, gaseous fluorine compounds, hydrogen chloride, hydrogen cyanide. It is proposed to include snow cover monitoring and indicators of biota response to technogenic atmospheric impact into the atmospheric air monitoring program. A map-scheme of the network has been developed and a regulation for conducting environmental monitoring of atmospheric air has been proposed.

Keywords: atmospheric air monitoring, utilization and neutralization of industrial waste, priority pollutants.

В России накоплено более 30 млрд т промышленных отходов, переработка и вторичное использование которых к 2020 г. составило 49,3% [1]. По экспертным данным из отходов I и II классов опасности в нашей стране на переработку попадает не более 1,5–2,0% [2].

Для решения проблемы утилизации и обезвреживания накопленных химических отходов I и II классов опасности 30 апреля 2019 г. Правительством РФ принято Постановление № 540 «Об осуществлении бюджетных инвестиций за счёт средств федерального бюджета в объекты капитального строительства в рамках федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I–II классов опасности». В Приложении к данному Постановлению определён перечень объектов капитального строительства – производственно-технических комплексов (ПТК) мощностью до 50 тыс. т/год, размещаемых на территориях объектов бывшего хранения и уничтожения химического оружия: в Кировской области – «Марадыковский», в Саратовской – «Горный», в Курганской – «Щучье», в Удмуртии – «Камбарка». Государственным заказчиком в отношении объектов капитального строительства определена Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», а заказчиком (застройщиком) – федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный экологический оператор» [3].

На данных предприятиях производственно-технологический процесс планируется обеспечить по трём направлениям: физико-химическая обработка, демеркуризация и высокотемпературное обезвреживание. В реализации каждого из них ставится задача «безопасно переработать отходы и вернуть их полезные компоненты в хозяйственный оборот» [2]. В 2019–2020 гг. на территориях планируе-

мого создания ПТК проведены инженерно-экологические изыскания, выполнены работы по оценке воздействия проектируемых объектов на окружающую среду (ОВОС).

На проектируемых ПТК планируется перерабатывать практически все виды промышленных отходов, отнесённых к I–II классам опасности (соединения ртути, свинца, кадмия, минеральные и синтетические масла, трансформаторы, конденсаторы, свинцовые аккумуляторы, отходы нефтепродуктов после процесса рафинирования, щёлочи и кислоты от аккумуляторов, отходы полимерной продукции и др.), всего порядка 350 видов отходов. В проектной документации спроектирована замкнутая схема оборота воды в технологическом процессе, без сброса сточных вод в системы очистных сооружений, поэтому следует ожидать, что основная техногенная нагрузка на природный комплекс в районе проектируемых ПТК и в дальнейшем эксплуатируемых Экотехнопарков будет приходиться на атмосферный воздух, почву, растительный и животный мир.

В связи с этим для обеспечения экологической безопасности территорий в районе данных Экотехнопарков необходимо разработать и внедрить на каждом из них систему комплексного экологического мониторинга. Система комплексного экологического мониторинга Экотехнопарка «Мирный» в Кировской области должна обеспечивать оценку состояния атмосферного воздуха, почвы, подземных и поверхностных вод, флоры и фауны на прилегающей к данному предприятию территории с целью выявления возможного техногенного воздействия.

Важной составной частью системы комплексного экологического мониторинга является мониторинг атмосферного воздуха, обеспечивающий оперативный контроль за деятельностью предприятия, оценку воздей-

ствия всех его источников на окружающую среду (ОС), прогноз и, самое главное, принятие превентивных управленческих решений по снижению техногенной нагрузки путём внедрения наилучших доступных технологий очистки выбросов от общепромышленных и специфических загрязнений [4], по сокращению и улавливанию выбросов CO₂, что крайне актуально для решения проблемы по обеспечению климатической устойчивости планеты и уменьшению углеродного вклада промышленного сектора [5, 6].

К специфическому загрязнению атмосферного воздуха при физико-химической переработке отходов относится, прежде всего, загрязнение соединениями гальванических шламов, содержащих тяжёлые металлы (ТМ), а при высокотемпературном обезвреживании – стойкими органическими соединениями, которые могут мигрировать и накапливаться в биосфере.

Основными критериями для выбора контролируемых веществ являются их свойства, количество и распространённость в ОС, стойкость (персистентность) вещества, способность к биоаккумуляции, миграции, межсредовому распределению, что проявляется в одновременном загрязнении нескольких сред.

Целью исследования является обоснование перечня загрязняющих веществ, которые могут быть включены в программу экологического мониторинга атмосферного воздуха, важной составляющей системы комплексного экологического мониторинга, обеспечивающей экологическую безопасность окружающей природной среды в районе создаваемого

Экотехнопарка «Мирный» по утилизации, обезвреживанию и переработке отходов I–II классов опасности.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлся атмосферный воздух на территории создаваемого Экотехнопарка «Мирный». Анализ состояния атмосферного воздуха проводился по данным, полученным в ходе инженерно-экологических изысканий и по результатам исследований, выполненных в рамках ОВОС – части проектной документации по созданию ПТК «Марадыковский» по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности [7]. Проведена статистическая обработка всего массива этих данных, сделан анализ приоритетных показателей, результаты которого представлены в таблицах и на диаграммах.

Территория ПТК находится в таёжно-лесной зоне, где преобладающими являются дерново-подзолистые почвы. Рельеф территории равнинный [7–9]. Характер зимней и летней розы ветров на данной территории существенно различается (рис. 1, 2) [7, 8].

Климат района – умеренно-континентальный, средняя температура – 3,1 °С. Среднее число дней в году со скоростью ветра, равной или превышающей 15 м/с, – 10,5. Средняя дата появления снежного покрова приходится на первую декаду октября, устойчивый снежный покров в среднем образуется в середине ноября. Разрушение снежного покрова происходит в первой декаде апреля. К началу сне-

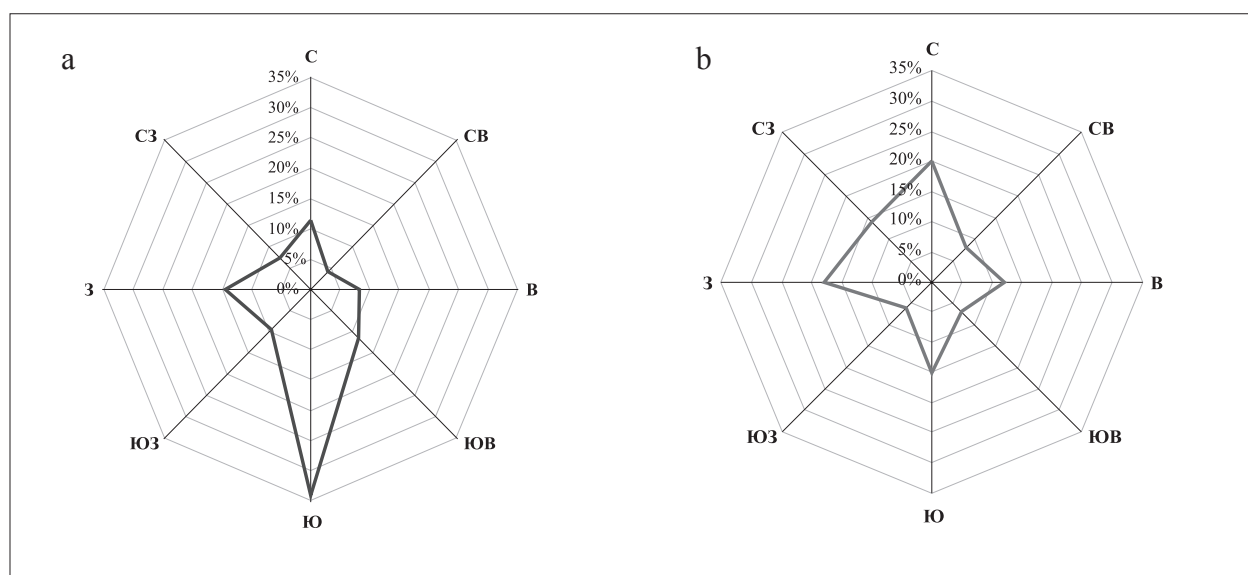


Рис. 1. Январская (а) и июльская (б) розы ветров по метеостанции Котельнич за период 1989–2020 гг.
 Fig. 1. January (a) and July (b) wind roses for the Kotelnich weather station for the period 1989–2020

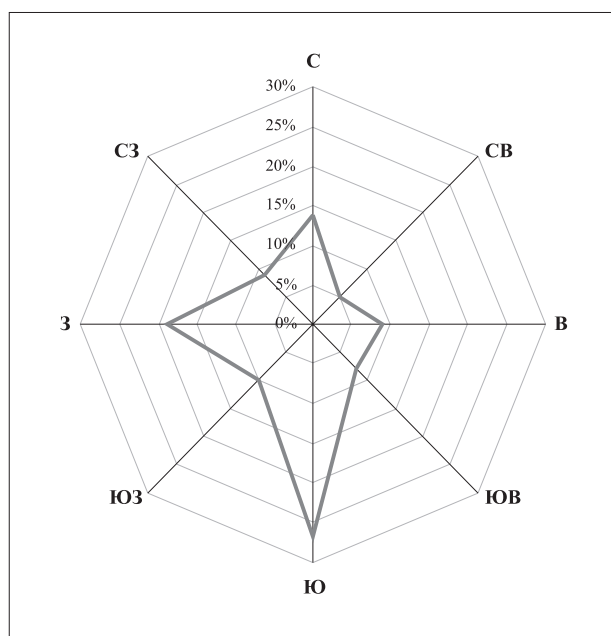


Рис. 2. Годовая роза ветров по метеостанции Котельнич за период 1989–2020 гг.
Fig. 2. Annual wind rose at the Kotelnich weather station for the period 1989–2020

готаяния средняя плотность снега – 0,27 г/см³. Значения фоновых концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе пгт Мирный Оричевского района Кировской области по данным лаборатории мониторинга загрязнения ОС Кировского ЦГМС – филиала ФГБУ «Верхнее-Волжское УГМС» [7] приведены в таблице 1.

Результаты и обсуждение

Программа мониторинга атмосферного воздуха для Экотехнопарка «Мирный» по утилизации, переработке и обезвреживанию отходов I и II классов опасности включает перечень контролируемых веществ, сеть мониторинга, регламент отбора проб, мето-

дическое и информационное сопровождение. По материалам инженерно-экологических изысканий ПТК «Марадыковский» в результате деятельности Экотехнопарка «Мирный» в атмосферный воздух может поступить 49 веществ различной химической природы и степени опасности [7]. Из них на общепромышленные ЗВ III–IV классов опасности приходится около 90% от общей массы планируемых годовых выбросов. Наибольший вклад вносят оксиды азота (41,98%), серы (30,23%) и углерода (16,84%). Кроме того, в данную категорию ЗВ входят соли: хлориды калия и кальция; сульфат и гипохлорит натрия; оксиды металлов: железа, цинка, циркония, а также аммиак, сажа, взвешенные вещества.

В составе выбросов при эксплуатации данного Экотехнопарка к соединениям I класса опасности относятся оксиды кадмия, ртути, свинца, хрома, мышьяка и их неорганические соединения, а также органические соединения: бенз[а]пирен и диоксины. Представительство ЗВ II класса опасности в составе выбросов по видам и объёмам значительно больше. К ним относятся хлорид железа (III), оксиды никеля, алюминия, меди, фосфора, марганца и их неорганические соединения; кислоты (серная, азотная, соляная); газообразные соединения фтора, сероводород, циановодород, хлороводород, бромоводород. Из органических соединений к этой группе ЗВ относятся бензол, гексафторбензол, фенол и аминоэтанол. В целом суммарный выброс в атмосферный воздух ЗВ I и II классов опасности составит 1,891 т в год. Из них основная доля (97,5%) приходится на хлороводород – 1,58 т, соединения газообразного фтора составят в сумме 0,15 т, оксиды меди – 0,055 т, алюминия – 0,0245 т, никеля – 0,02 т, гексафторбензола – 0,015 т. На выбросы остальных ЗВ I и II классов опасности приходится лишь 2,5%. Однако к этой группе

Таблица 1 / Table 1

Значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе пгт Мирный Оричевского района Кировской области / The values of background concentrations of pollutants in the atmospheric air of the village Mirny, Orichevsky District, Kirov Region

| Загрязняющее вещество Pollutant | Фоновая концентрация, мг/м ³ Background concentration, mg/m ³ |
|--|--|
| NO ₂ | 0,055 |
| CO | 1,8 |
| SO ₂ | 0,018 |
| Взвешенные вещества / Suspended solids | 0,199 |
| NO | 0,038 |
| Бенз[а]пирен / Benz[a]pyrene | 0,000015 |

*Примечание: представленные фоновые концентрации действительны на период с 2019 по 2023 гг.
 Note: the reported background concentrations are valid for the period 2019 to 2023.*

относятся высокоопасные ЗВ: диоксины, бенз[а]пирен, бромоводород, циановодород, фенолы, сероводород. Значения среднесуточной ПДК (ПДК_{сс}) у них различаются на много порядков, например, для хлороводорода оно равно 0,1 мг/м³, для бенз[а]пирена – 0,00001 мг/м³, а для диоксина – 0,00000005 мг/м³. В связи с этим для проведения экологического мониторинга атмосферного воздуха, оптимизации показателей необходимо провести их ранжирование с учётом валового выброса, предельно допустимых концентраций, классов опасности и, соответственно, токсичности ЗВ с целью формирования перечня приоритетных показателей, по которым контроль и мониторинг состояния атмосферного воздуха должны проводиться на постоянной основе, как в автоматическом режиме, так и передвижными лабораториями контроля по утверждённому регламенту.

Определение показателей контроля атмосферного воздуха проведено по результатам расчёта значений критерия опасности веществ в соответствии с рекомендациями [10]. Данный документ, выпущенный Госкомприроды СССР ещё в 1990 г., в настоящее время имеет рекомендательный характер, но его методологические аспекты во многом не утратили актуальности.

Критерии опасности веществ (КОВ) были рассчитаны для всех веществ из перечня проектных выбросов по формуле:

$$КОВ_i = (M_i / ПДК_{cc_i})^{A_i},$$

где M_i – суммарный выброс вещества, т/г, $ПДК_{cc_i}$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го вещества; A_i – постоянная, учитывающая класс опасности вещества [10].

Результаты ранжирования веществ по убыванию КОВ приведены в таблице 2 и отражены на рисунке 3.

На рисунке 3 наглядно видно, что входящие в перечень загрязняющие вещества по величине КОВ делятся на три группы: вещества с порядковыми номерами 1–9 по таблице 2 (КОВ = 36,19–852,21), 10–20 (КОВ = 0,62–5,13) и остальные ЗВ (КОВ ≤ 0,14). Приоритетному контролю подлежат ЗВ первых двух групп (всего 20 веществ). Кроме того, целесообразно дополнить приоритетный перечень двумя веществами I класса опасности – бенз[а]пирен и мышьяк (включая его неорганические соединения), которые вследствие малого объёма расчётного выброса не вошли в список приоритетного контроля.

Таким образом, из 49 ЗВ, которые могут поступать в атмосферный воздух в выбросах от деятельности Экотехнопарка «Мирный», к приоритетным следует отнести 22 показателя. Следовательно, наблюдения за их содержанием в природных средах и объектах должны быть включены не только в программу экологического мониторинга ОС в районе деятельности Экотехнопарка, но и обязательно введены в программу производственного контроля и мониторинга данного предприятия. Отслеживаться они должны на всех источниках загрязнения в производственной зоне, на промплощадке Экотехнопарка и на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), как в непрерывном автоматическом режиме, так и передвижными лабораториями, причём с большей частотой на источниках выброса. С учётом возможных изменений в составе и количестве поступающих и перерабатываемых на данном предприятии отходов перечень показателей контроля и мониторинга должен корректироваться.

В определении регламента экологического мониторинга атмосферного воздуха за основу необходимо брать близость к источнику воздействия (по принципу: чем ближе, тем чаще проводить мониторинговые исследования), учитывать сезонность, направление ветра.

Промышленные выбросы и воздух рабочей зоны должны контролироваться в непрерывном режиме. Состояние атмосферного воздуха в приземном слое на границах СЗЗ Экотехнопарка «Мирный» должно контролироваться передвижной лабораторией с отбором проб воздуха с наветренной и подветренной сторон 1 раз в месяц. Отбор проб воздуха при определении приземной концентрации примеси в атмосфере необходимо проводить на высоте от 1,5 до 3,5 м от поверхности земли. Максимальные приземные концентрации ЗВ на территории в районе Экотехнопарка не должны превышать установленных нормативов. Перечень контролируемых показателей, методы исследований, виды и объёмы работ определяют с учётом требований ГОСТ 17.2.4.02-81, а также согласно нормативно-методическим и инструктивным документам Росгидромета и Росприроднадзора.

Кроме определения ЗВ в атмосферном воздухе на промплощадке, территории СЗЗ и в зоне влияния Экотехнопарка «Мирный» в программу экологического мониторинга необходимо включить показатели состояния снежного покрова, который является хорошим аккумулятором ЗВ, находящихся в атмосфере. Вследствие этого по токсичности

Таблица 2 / Table 2

Перечень показателей ЗВ в выбросах ПТК по убыванию значений критерия опасности
List of pollutant indicators in PTC emissions in descending order of hazard criterion values

| № No. | Загрязняющее вещество Pollutant | Класс опасности Hazard class | Выброс, т/год Ejection, t/year | ПДК _{сс} *, мг/м ³ Average daily MPC*, mg/m ³ | КОВ** SHK** |
|----------|--|------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|
| 1 | Диоксид азота | III | 34,09 | 0,04 | 852,21 |
| 2 | Диоксид серы | III | 24,55 | 0,05 | 490,96 |
| 3 | Свинец и его соединения | I | 9,86·10 ⁻³ | 0,0003 | 378,67 |
| 4 | Оксид кадмия | I | 7,63·10 ⁻³ | 0,0003 | 245,23 |
| 5 | Оксид азота | III | 5,54 | 0,06 | 92,32 |
| 6 | Фтора газообразные соединения | II | 1,51·10 ⁻¹ | 0,005 | 84,23 |
| 7 | Оксид меди | II | 5,51·10 ⁻² | 0,002 | 74,45 |
| 8 | Оксид никеля | II | 2,00·10 ⁻² | 0,001 | 48,99 |
| 9 | Хлороводород | II | 1,58 | 0,1 | 36,19 |
| 10 | Диоксины | I | 1,51·10 ⁻⁸ | 5,00·10 ⁻⁹ | 5,13 |
| 11 | Взвешенные вещества | III | 6,81·10 ⁻¹ | 0,15 | 4,54 |
| 12 | Аммиак | IV | 1,96·10 ⁻¹ | 0,04 | 4,17 |
| 13 | Циановодород | II | 2,97·10 ⁻² | 0,01 | 4,11 |
| 14 | Оксид углерода | IV | 13,68 | 3 | 3,92 |
| 15 | Оксид железа (III) | III | 1,57·10 ⁻¹ | 0,04 | 3,92 |
| 16 | Оксид алюминия | II | 2,45·10 ⁻² | 0,01 | 3,21 |
| 17 | Ртуть | I | 5,23·10 ⁻⁴ | 0,0003 | 2,57 |
| 18 | Оксид цинка | III | 7,43·10 ⁻² | 0,05 | 1,47 |
| 19 | Хром | I | 9,40·10 ⁻³ | 0,01 | 0,9 |
| 20 | Сажа | III | 5,27·10 ⁻³ | 0,15 | 0,62 |
| 21 | Бенз[а]пирен | I | 3,16·10 ⁻⁶ | 0,00001 | 0,14 |
| 22 | Гексафторбензол | II | 1,46·10 ⁻² | 0,1 | 8,16·10 ⁻² |
| 23 | Бензол | II | 9,34·10 ⁻³ | 0,1 | 4,59·10 ⁻² |
| 24 | Оксид фосфора (V) | II | 4,54·10 ⁻⁴ | 0,005 | 4,42·10 ⁻² |
| 25 | Марганец и его соединения | II | 6,50·10 ⁻⁵ | 0,001 | 2,86·10 ⁻² |
| 26 | 2-Аминоэтанол | II | 6,98·10 ⁻⁴ | 0,02 | 1,28·10 ⁻² |
| 27 | Азотная кислота | II | 4,78·10 ⁻³ | 0,15 | 1,13·10 ⁻² |
| 28 | Цирконий и его соединения | III | 6,50·10 ⁻⁵ | 0,01 | 6,50·10 ⁻³ |
| 29 | Фенол | II | 4,70·10 ⁻⁵ | 0,003 | 1,80·10 ⁻³ |
| 30 | Мышьяк, неорганические соединения | I | 6,50·10 ⁻⁵ | 0,003 | 1,48·10 ⁻³ |
| 31 | Гидроксид кальция | III | 1,38·10 ⁻⁶ | 0,01 | 1,38·10 ⁻⁴ |
| 32 | Хлорид кальция | III | 6,80·10 ⁻⁷ | 0,03 | 6,80·10 ⁻⁵ |
| 33 | Серная кислота | II | 2,73·10 ⁻⁵ | 0,1 | 2,33·10 ⁻⁵ |
| 34 | Хлорид калия | IV | 1,00·10 ⁻⁸ | 0,01 | 3,98·10 ⁻⁶ |
| 35 | Бромоводород | II | 6,10·10 ⁻⁶ | 0,1 | 3,32·10 ⁻⁶ |
| 36 | Пыль неорганическая: SiO ₂ > 70% | III | 9,52·10 ⁻⁸ | 0,06 | 1,59·10 ⁻⁶ |

Примечание: * – ориентировочно безопасный уровень воздействия; ** – критерий опасности веществ.
Note: * – estimated safe exposure level; ** – substance hazard criterion.

талой воды, по содержанию в ней различных химических соединений можно оценить состояние атмосферного воздуха на контролируемой территории. Пробы отбираются на всю глубину снежного покрова один раз

в год перед первым интенсивным снеготаянием (для данного региона это конец марта).

В программу экологического мониторинга рекомендуется включить и биоиндикационные показатели, характеризующие отклик

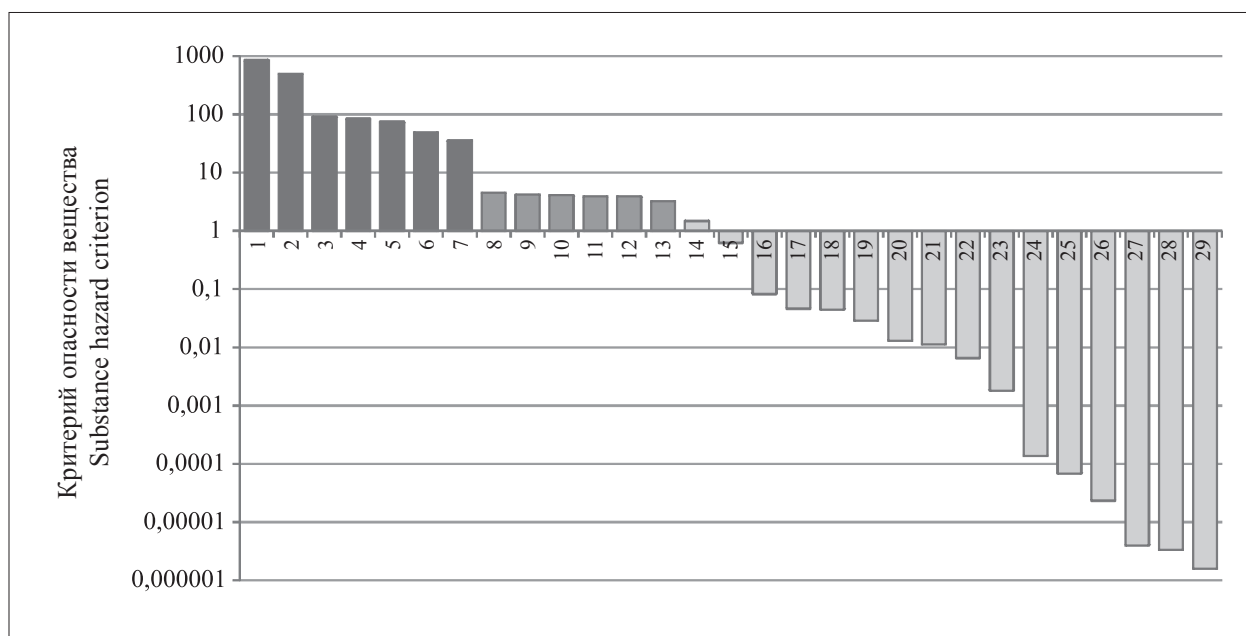


Рис. 3. Значения коэффициентов опасности ЗВ в составе выбросов в атмосферный воздух (числовые обозначения по оси абсцисс соответствуют их номерам в графе 1 таблицы 2)
Fig. 3. Values of hazard coefficients of pollutants as part of emissions into the atmospheric air (numbers on the abscissa axis correspond to their numbers in column 1 of Table 2)

биоты на атмосферное загрязнение. В этом плане хорошо себя зарекомендовали показатели, отражающие изменение фитоаккумуляции ТМ, общей серы, азота, фосфора лишайниками и мхами, состояние хвои (появление пятен, усыхание), а также степени проективного покрытия лишайниками сосны обыкновенной, одного из видов древесных растений, образующих наибольшие площади леса на территории в районе создаваемого Экотехнопарка [8, 11].

Карта-схема пунктов мониторинга атмосферного воздуха в районе создаваемого Экотехнопарка «Мирный» представлена на рисунке 4.

При проектировании сети экологического мониторинга атмосферного воздуха в районе Экотехнопарка «Мирный» учитываются все источники воздействия, роза ветров, ландшафтные особенности территории, типы почв, биоценозы, близость предприятия к населённым пунктам, дорогам, железнодорожным магистралям, сельскохозяйственным объектам, скотомогильникам. Целесообразно скоординировать участки мониторинга атмосферного воздуха с расположением участков мониторинга почв и снежного покрова.

Заключение

Анализ проектных данных по инженерно-экологическим изысканиям и оценке воздей-

ствия проектируемого ПТК «Марадыковский» позволил выявить по вкладу в общегодовой выброс и токсическому действию 22 приоритетных показателя контроля и мониторинга атмосферного воздуха, которые рекомендуется включить в программу производственного контроля и экологического мониторинга ОС в районе деятельности создаваемого Экотехнопарка «Мирный». К ним относятся как общепромышленные ЗВ (оксиды серы, азота, углерода, взвешенные вещества), так и специфические ЗВ, характерные для предприятия по утилизации и обезвреживанию опасных промышленных отходов – это диоксины, бенз[а]пирен, ртуть, аммиак, газообразные соединения фтора, хлороводород, циановодород, оксиды кадмия, меди, никеля, свинца, алюминия, цинка, железа (III).

Кроме того, в программу экологического мониторинга рекомендуется включить показатели состояния снежного покрова (как индикатора чистоты атмосферного воздуха), показатели, характеризующие фитоаккумуляцию тяжёлых металлов, общей серы, соединений азота и фосфора лишайниками и мхами, а также показатели, отражающие состояние хвои и степень проективного покрытия лишайниками сосны обыкновенной.

К основным научным направлениям исследований по оптимизации системы экологического мониторинга атмосферного воз-

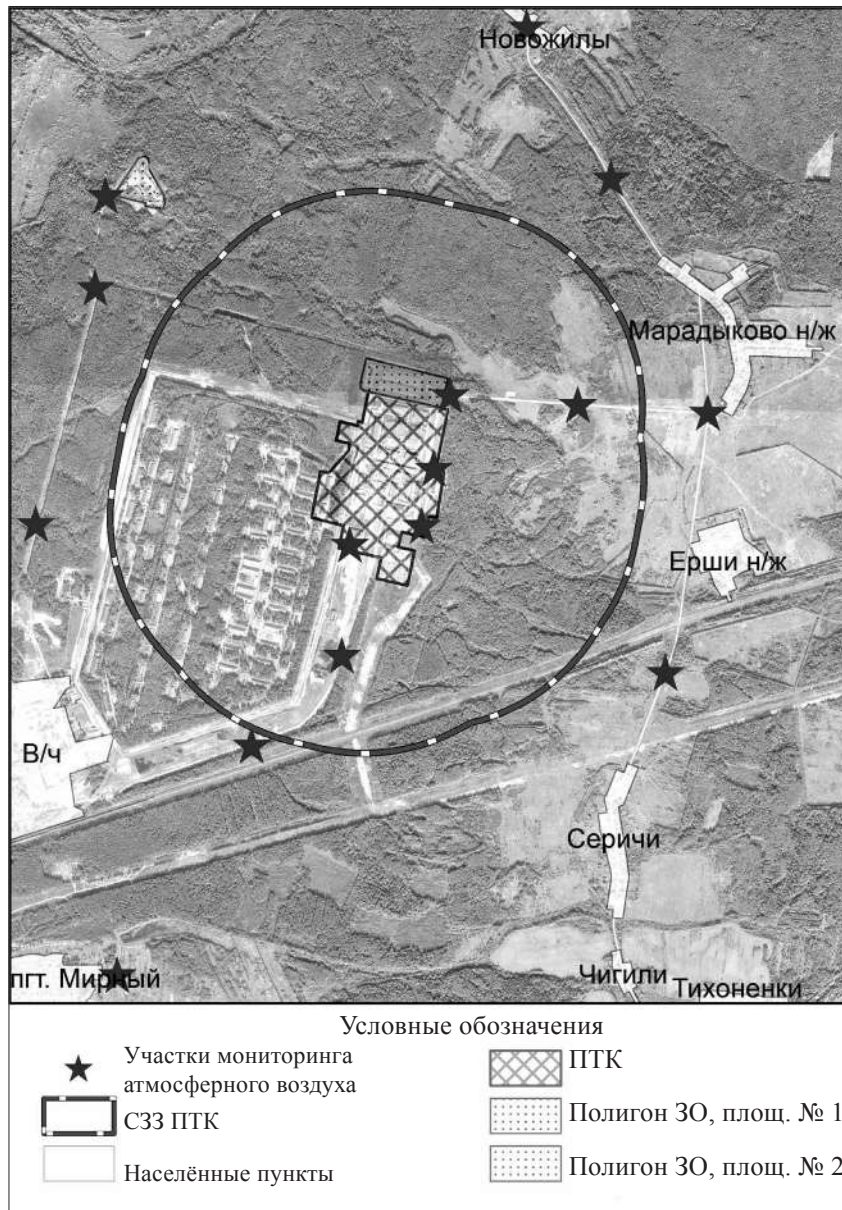


Рис. 4. Карта-схема участков мониторинга атмосферного воздуха в районе проектируемого ПТК и создаваемого Экотехнопарка «Мирный»
Fig. 4. Schematic map of atmospheric air monitoring points in the area of the Ecotechnopark “Mirny” being created

духа в районе производственно-технических комплексов по утилизации, обезвреживанию и переработке особо опасных промышленных отходов следует отнести изучение отклика природных объектов на специфическое токсическое действие поллютантов, а также выявление эффектов совместного действия ЗВ. Кроме того, при разработке системы мониторинга атмосферного воздуха в районе проектируемого ПТК и создаваемого Экотехнопарка необходимо учитывать вероятное присутствие в выбросах неизвестных или неучтённых при проектировании ЗВ.

Для установления фоновых показателей экологического мониторинга необходимо до начала функционирования ПТК провести комплексное обследование территории и определить фоновое содержание в атмосферном воздухе и других природных средах, как общепромышленных, так и специфических для ПТК загрязняющих веществ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги»,

номер государственной регистрации в ЕГИСУ
№ 1220401000325.

References

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.

2. Корольков М.В. Основы государственной политики Российской Федерации по созданию новой отрасли переработки промышленных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 6–12.

3. Постановление Правительства РФ от 30 апреля 2019 г. № 540 «Об осуществлении бюджетных инвестиций за счет средств федерального бюджета в объекты капитального строительства в рамках федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I–II классов опасности» (с изменениями) 31 августа 2019 г., 28 июля 2020 г.».

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 15-216. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)). М.: Бюро НДТ, 2016. 198 с.

5. Гордеева Е.М., Пугач В.Н. Парижское соглашение и «климатическая нейтральность»: роль сектора «Землепользование» // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 219–227.

6. Сырчина Н.В., Кантор Г.Я., Пугач В.Н., Ашихмина Т.Я. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 218–223.

7. Проектная документация «Производственно-технический комплекс по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности «Марадьковский». М.: Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Акционерное общество «Государственный специализированный проектный институт», 2020. 1360 с.

8. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объекта уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.

9. Схема территориального планирования Оричевского муниципального района Кировской области. Схема зон возможного проявления чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Киров: Кировпроект, 2009 [Электронный ресурс] <https://orichi-rayon.ru/organy-vlasti/gradostroitel'naya-deyatelnost/shema-territorialnogo-planirovaniya-orichevskogo-municipalnogo-rajona-kirovskoj-oblasti> (Дата обращения: 07.02.2022).

10. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы ОНД-90. Госкомприроды СССР, Постановление № 8 от 30 октября 1990 г.

11. Домнина Е.А., Огородникова С.Ю., Пестов С.В., Ашихмина Т.Я. Методы лишеноиндикации в оценке загрязнения атмосферного воздуха соединениями фосфора // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 4. С. 37–44.

1. State report “On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2020”. Moskva: Ministry of Natural Resources of Russia; Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2021. 864 p. (in Russian).

2. Korolkov M.V., Mazhuga A.G. Fundamentals of the state policy of the Russian Federation on the creation of a new branch of industrial waste processing // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 4. P. 6–12 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-006-012

3. Decree of the Government of the Russian Federation of April 30, 2019 No. 540 “On the implementation of budget investments at the expense of the federal budget in capital construction projects within the framework of the federal project “Infrastructure for the management of waste of I–II hazard classes” (as amended) August 31, 2019 July 28, 2020” (in Russian).

4. Information and technical guide to the best available technologies. ITS 15-216. Utilization and neutralization of waste (except for thermal neutralization (waste incineration)). Moskva: Bureau of NDT, 2016. 198 p. (in Russian).

5. Gordeeva E.M., Pugach V.N. The Paris Agreement and “Climate neutrality”: the role for “Agriculture, forestry and other land use” sector // Theoretical and Applied Ecology. 2021. No. 3. P. 219–227 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-219-227

6. Syrchina N.V., Kantor G.Ya., Pugach V.N., Ashikhmina T.Ya. Contribution of carbon dioxide and water to the greenhouse effect // Theoretical and Applied Ecology. 2021. No. 4. P. 218–223 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-218-223

7. Project documentation “Industrial and technical complex for processing, recycling and neutralization of waste of hazard classes I and II “Maradykovsky”. State Atomic Energy Corporation “Rosatom”, Joint Stock Company “State Specialized Design Institute”, 2020. 1360 p. (in Russian).

8. Ashikhmina T.Ya. Comprehensive environmental monitoring of a chemical weapons destruction facility. Kirov: Vyatka, 2002. 544 p. (in Russian).

9. Scheme of territorial planning of the Orichovsky municipal district of the Kirov region. Scheme of zones of possible manifestation of natural and man-made emergencies. Kirov: Kirovproekt, 2009 [Internet resource] <https://orichi-rayon.ru/organy-vlasti/gradostroitel'naya-deyatelnost/shema-territorialnogo-planirovaniya-orichevskogo-municipalnogo-rajona-kirovskoj-oblasti> (Accessed: 07.02.2022) (in Russian).

10. Guidelines for the control of atmospheric pollution sources OND-90. Goskompriroda of the USSR, Decree No. 8 of October 30, 1990 (in Russian).

11. Domnina E.A., Ogorodnikova S.Yu., Pestov S.V., Ashikhmina T.Ya. Lichenoindication methods for assessing atmospheric air pollution by phosphorus compounds // Theoretical and Applied Ecology. 2019. No. 4. P. 37–44 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2019-4-037-044