

УДК 658.32.2:622.85 © В.Б. Артемьев¹, Ю.Ф. Руденко¹, С.Е. Левин²,
О.В. Курпатов², М.Ю. Сенаторов², 2024

UDC 658.32.2:622.85 © V.B. Artemiev¹, Yu.F. Rudenko¹, S.E. Levin²,
O.V. Kurpatov², M.Yu. Senatorov², 2024

¹ АО «МХК «ЕвроХим», 115054, г. Москва, Россия

² ООО «Динамические Системы», 105005, г. Москва, Россия

✉ e-mail: levin@dynasystems.ru

¹ EuroChem Group, Moscow, 115054, Russian Federation

² Dynamic Systems LLC, Moscow, 105005, Russian Federation

✉ e-mail: levin@dynasystems.ru

Комплексный мониторинг состояния производственных процессов, промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов

Часть 1. Экологические риски в промышленности.
Подходы к минимизации рисков

**Integrated monitoring of the state of production processes,
industrial and environmental safety of hazardous production facilities**

Part 1. Environmental risks in industry. Ways of risk minimization

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-63-69>

Данная статья является первой в серии публикаций по теме отечественных цифровых продуктов и технологий в области комплексного мониторинга промышленной и экологической безопасности, оптимизации и управления производственными процессами опасных производственных объектов. В ней описываются основные угрозы экологической безопасности, связанные с деятельностью промышленных предприятий, факторы экологических рисков в различных отраслях промышленности и подходы к минимизации этих рисков.

Описанные в статье подходы, технологии, продукты внедрены и используются на ведущих отечественных промышленных предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, для решения как задач риск-ориентированного контроля промышленной безопасности и экологии, так и управления и оптимизации производственных процессов.

Ключевые слова: промышленная безопасность, экологическая безопасность, комплексный мониторинг и управление производственными процессами, риск-ориентированный подход, экологические риски, риски промышленной безопасности.

Для цитирования: Комплексный мониторинг состояния производственных процессов, промышленной и экологической безопасности опасных произ-

АРТЕМЬЕВ В.Б.

Доктор техн. наук, АО «МХК «ЕвроХим»,
115054, г. Москва, Россия,
e-mail: artemevVB@eurochem.ru

РУДЕНКО Ю.Ф.

Канд. техн. наук, АО «МХК «ЕвроХим»,
115054, г. Москва, Россия,
e-mail: rudenkouf@suek.ru

ЛЕВИН С.Е.

Доктор физ.-мат. наук,
ООО «Динамические Системы»,
105005, г. Москва, Россия,
e-mail: levin@dynasystems.ru

КУРПАТОВ О.В.

Доктор техн. наук,
ООО «Динамические Системы»,
105005, г. Москва, Россия,
e-mail: oleg.kurpatov@dynasystems.ru

СЕНАТОРОВ М.Ю.

Доктор техн. наук, профессор,
ООО «Динамические Системы»,
105005, г. Москва, Россия

водственных объектов. Часть 1. Экологические риски в промышленности. Подходы к минимизации рисков / В.Б. Артемьев, Ю.Ф. Руденко, С.Е. Левин и др. // Уголь. 2024;(4):63-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-63-69.

Abstract

This article opens a series of publications dedicated to the Russian digital products and technologies in integrated monitoring of industrial and environmental safety, optimisation and management of production processes at hazardous industrial facilities. It describes the main threats to environmental safety associated with the activities of industrial enterprises, environmental risk factors in various industries and ways to minimize these risks. The approaches, technologies, and products described in the article have been implemented and are used at leading Russian industrial enterprises that operate hazardous production facilities to solve both the tasks of risk-oriented control of industrial safety and ecology, and challenges in management and optimization of production processes.

Keywords

Industrial safety, Environmental safety, Integrated monitoring and management of production processes, Risk-oriented approach, Environmental risks, Industrial safety risks.

For citation

Artemiev V.B., Rudenko Yu.F., Levin S.E., Kurpatov O.V., Senatorov M.Yu. Integrated monitoring of the state of production processes, industrial and environmental safety of hazardous production facilities. Part 1. Environmental risks in industry. Ways of risk minimization. *Ugol'*. 2024;(4):63-69. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-63-69.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия нефтегазового комплекса, угольной промышленности, металлургии, химии и удобрений являются источником негативного воздействия на окружающую среду. Это обусловлено использованием в технологических процессах и выработкой в качестве продуктов производства больших объемов токсичных и горючих веществ, проведением горных и взрывных работ, приводящих к истощению и загрязнению подземных и поверхностных вод, выбросам вредных веществ в атмосферу.

Согласно Указам Президента РФ от 02.07.2021 № 400 и от 19.04.2017 № 176 [1, 2] экологическая безопасность является составной частью национальной безопасности и входит в состав стратегических национальных приоритетов Российской Федерации, на которых должны быть сконцентрированы усилия и ресурсы органов власти и организаций гражданского общества.

Окружающая среда в городах и на прилегающих к ним территориях, где проживает 74% населения страны, подвергается существенному негативному воздействию, источниками которого являются объекты промышленности, энергетики и транспорта, а также объекты капитального строительства. В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха проживают 17,1 млн чел., что составляет 17% городского населения страны [2].

Наибольшее концентрированное негативное влияние на здоровье человека и окружающую среду оказывают аварии на опасных производственных объектах вследствие выброса хранящихся на объектах или используемых в производственном процессе опасных веществ, загрязнения воздуха, почвы и поверхностных вод.

В соответствии с Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» ст. 67 [3] на данных объектах в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды должен осуществляться производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль).

Для обеспечения экологической безопасности промышленных объектов необходимо контролировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросы в окружающую среду, а также их источники. Но для обеспечения экологической безопасности явно недостаточно только выявления фактов за-

грязнения окружающей среды в результате производственной деятельности промышленных предприятий. Необходимо активные предупредительные действия по выявлению предпосылок возникновения аварий и других критических ситуаций, приводящих к негативному воздействию на окружающую среду.

Решить данную задачу предлагается путем реализации на промышленных объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, системы дистанционного риск-ориентированного комплексного мониторинга производственных процессов, состояния промышленной и экологической безопасности (СКМ ПЭБ, или Системы) для последующего принятия превентивных мер по предотвращению загрязнения окружающей среды.

Данная система реализована на отечественной программной платформе PhoenixDS разработки ООО «Динамические системы» и основана на принципах и методологии, описанных в работах авторов [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Она внедрена и используется на ведущих предприятиях нефтегазового комплекса, угольной промышленности, химии и удобрений, металлургии прежде всего как система дистанционного контроля промышленной безопасности опасных производственных объектов (СДК ПБ). Учитывая, что наибольший синергетический эффект при использовании Системы достигается за счет риск-ориентированного комплексного контроля и анализа производственных процессов, состояния объектов мониторинга, персонала и производственной среды, промышленной и экологической безопасности, в данной статье используется более корректное наименование – СКМ ПЭБ.

Архитектуру, принципы построения, опыт реализации и эффекты по результатам эксплуатации СКМ ПЭБ предполагается описать в следующей статье серии публикаций по данной тематике.

УГРОЗЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ИХ ИСТОЧНИКИ

Основные вызовы и угрозы экологической безопасности определены в Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. [2].

Экологические угрозы безопасности включают:

- изменение состава атмосферы и последствия;
- загрязнение природных пресных вод, океанов прибрежных акваторий;
- уничтожение лесов и опустынивание;
- эрозию почв и изменение плодородия земель;
- риск, связанный с биотехнологией;
- опасные выбросы загрязнений;
- производство, перевозку и применение токсичных химических веществ и материалов.

За 2021 г. в России было нарушено 195,2 тыс. га земли – негативному индустриальному воздействию подверглось на четверть больше земель, чем годом ранее, подсчитала аналитическая служба аудиторско-консалтинговой сети FinExpertiza на основании данных Росприроднадзора [11]. При этом работы по восстановлению почв также интенсифицировались: было рекультивировано на 30,9% больше площадей, чем в 2020 г. – всего 139,8 тыс. га, и это рекордно высокое значение за весь период наблюдения. Однако об-

щая площадь рекультивированных земель составила только 71,6% от нарушенных.

Антилидерами по техногенному ущербу земле в 2021 г. стали Забайкальский край (за год пришло в негодность 42,6 тыс. га), Ханты-Мансийский автономный округ (27,6 тыс. га), Ямало-Ненецкий автономный округ (14,4 тыс. га), Якутия (12,6 тыс. га), Красноярский край (9,2 тыс. га), Иркутская область (8,5 тыс. га), Магаданская область (6,8 тыс. га), Кировская область (6 тыс. га), Амурская область (5,4 тыс. га) и Кемеровская область (5,2 тыс. га). Большая часть земель была нарушена в связи с разработкой месторождений полезных ископаемых.

По данным аэрокосмических съемок, ареалы загрязняющих веществ непосредственно вокруг промышленных комплексов России охватывают территорию в 18 млн га [2].

В долгосрочной перспективе одним из основных видов угроз экологической безопасности являются угрозы, обусловленные характером ведения хозяйственной и иной деятельности на территории Российской Федерации:

- высокая степень загрязнения и низкое качество воды значительной части водных объектов, деградация экосистем малых рек вследствие техногенного загрязнения подземных вод в районах размещения крупных промышленных предприятий;
- высокая степень износа основных фондов опасных производственных объектов и низкие темпы технологической модернизации экономики;
- низкий уровень разработки и внедрения экологически чистых технологий.

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются предприятия угольной, нефтегазовой, металлургической, химической промышленности, энергетики.

Информация об объемах выброса вредных веществ по статистике Росприроднадзора за 2021 г. приведена на *рисунке*.

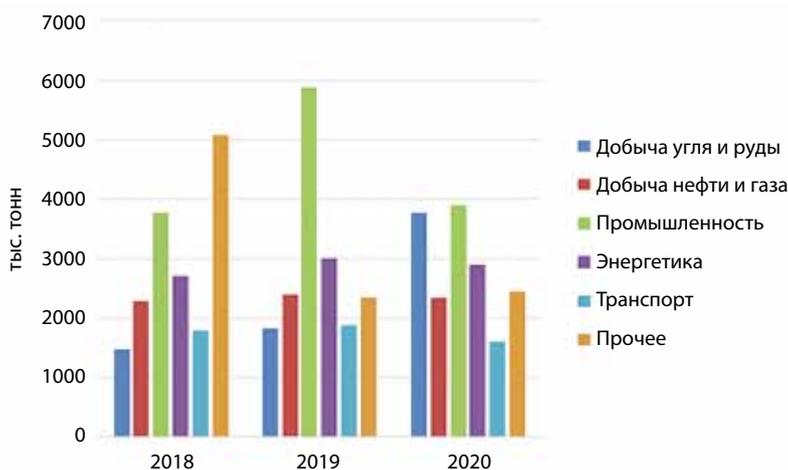
ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Угольные предприятия создают самое масштабное техногенное загрязнение окружающей среды. В результате горных и взрывных работ появляются изменения в земной коре, истощение и загрязнение подземных и поверхностных вод, происходит выброс твердых веществ в атмосферу – около 17% от общего количества загрязняющих веществ. Негативное воздействие на окружающую среду оказывается на каждом из этапов жизненного цикла горнодобывающей отрасли.

При этом в зависимости от этапа жизненного цикла будут различны не только виды и интенсивность негативного воздействия, но и последствия от вмешательства техногенного процесса в естественную среду обитания. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в угольной промышленности являются отвалы пустой породы, транспортировка и хранение угля, буровзрывная техника, выбросы через вентиляционные стволы шахт метана в результате процесса дегазации и проветривания.

На предприятиях угольной отрасли выделяются следующие факторы экологического риска:

- загрязняющие вещества, их объем и степень опасности;
- технология производства;



Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, по данным Росприроднадзора
Emissions of air pollutants based on data by the Federal Service for Supervision of the Use of Natural Resources

- уровень подготовки персонала;
- степень износа природоохранного оборудования;
- наличие в пределах территории предприятия населения;
- виды, частота и сила природных катастроф в пределах территории предприятия.

Источниками вредного воздействия основных факторов экологического риска являются [12, 13]:

Загрязняющие вещества, их объем и степень опасности:

- выбросы в атмосферу метана, оксида углерода. Также они могут содержать различные вредные вещества, такие как оксиды азота, серы и другие токсичные вещества. В результате выбросов в атмосферу может происходить загрязнение воздуха на окружающей территории, что может негативно сказываться на здоровье людей и животных;
- сбросы воды, образующейся в процессе производства и переработки угля. Эта вода может содержать различные вредные вещества, такие как тяжелые металлы, нефтепродукты и другие токсичные соединения. В результате сбросов воды может происходить загрязнение водных ресур-

сов, что также может негативно сказываться на экологической ситуации в регионе.

Технология производства: несоблюдение и нарушение технологии могут привести к таким последствиям, как: изменение ландшафтов; оседание земной поверхности, нарушение почвенного покрова, в связи с этим развиваются эрозии; подземные пожары; загромождения в отвалах; оползни неустойчивых откосов; отторжение земельных участков, задействованных для хранения твердых отходов в результате добычи, обогащения и использования угля.

Уровень подготовки персонала: кадровые риски связаны не только с недостатком высококвалифицированных кадров угледобывающей отрасли, но и с недостатком знаний современных технологий, с низким уровнем компетенции в экономике и менеджменте. Повышение квалификации кадров угледобывающей отрасли является необходимым условием ее успешной работы.

Степень износа природоохранного оборудования: износ оборудования может привести к утечке опасных веществ в окружающую среду, что может привести к загрязнению водных и почвенных ресурсов, а также к повреждению здоровья людей и животных.

Наличие в пределах территории предприятия населения:

- население может подвергаться воздействию различных опасных веществ, выбрасываемых в атмосферу, водные и почвенные ресурсы могут быть загрязнены в процессе добычи и переработки угля,
- возможность попадания людей в зону оседания земной поверхности, что может привести к несчастному случаю.

Основные источники вредного воздействия факторов экологического риска [13, 14] сведены в табл. 1.

Потенциальные последствия для окружающей среды и здоровья людей в результате вредного воздействия предприятий угольной отрасли следующие:

Таблица 1

Источники вредного воздействия факторов экологического риска

Sources of harmful impact of environmental risk factors

Открытые горные работы	Подземные горные работы	Обогатительные фабрики
Выбросы		
ДВС карьерной техники: – оксиды азота и углерода. Взрывные работы: – сера, азот, свинец, кадмий. Пожар: оксид углерода, азот, сера.	Добыча угля: метан. Пожар, взрыв: оксид углерода, азот, сера.	Технологический процесс (дробление, сушка, и т.п.): – угольная кислота, породная пыль, сернистый ангидрит, оксиды углерода, азота, сероводорода и тяжелые металлы. Пожар (угольные склады): – оксид углерода, азот, сера.
Сбросы		
Сточные воды: мелкодисперсные частицы, минерализация (различные соли с высокой концентрацией)	Воды, проходящие через водоотливные шахты: мелкодисперсные частицы, минерализация (различные соли с высокой концентрацией).	Возможность попадания в природные водоемы вод вследствие случайного прорыва дамб хвостохранилищ или постоянной фильтрации вод через дамбы: мелкодисперсные частицы, минерализация (различные соли с высокой концентрацией), флокулянты, ПАВ, флотационные реагенты.

Открытые горные работы	Подземные горные работы	Обогатительные фабрики
Отходы		
Изменение ландшафта, уничтожение леса, с/х угодий и т.п.	Оседание земной поверхности, снижение уровня грунтовых вод.	Деградация почв, нарушение баланса бактериальной флоры.
Кадры		
Низкий уровень знаний ведет к несоблюдению технологии ведения работ, несоблюдению требований промышленной безопасности. Невыполнение действий, предусмотренных для исключения или уменьшения риска различных событий.		
Природоохранное оборудование		
Использование оборудования, не отвечающего современным требованиям, может привести к утечке опасных веществ в окружающую среду.		
Население		
Население может подвергаться воздействию веществ, выбрасываемых в атмосферу. Территория проживания может быть загрязнена в процессе добычи.	Население может подвергаться воздействию веществ, выбрасываемых в атмосферу. Территория проживания может быть загрязнена в процессе добычи. Не исключается возможность попадания людей в зону оседания земной поверхности, что может привести к несчастному случаю.	Население может подвергаться воздействию веществ, выбрасываемых в атмосферу. Территория проживания может быть загрязнена в процессе переработки угля.

– загрязнение водных ресурсов, повреждение почвы, уничтожение природных экосистем и сокращение биоразнообразия. Снижение качества воздуха;

– попадание в организм человека вредных веществ, которые могут вызвать заболевания и привести к серьезным последствиям для здоровья. Профессиональные заболевания.

Вероятность реализации риска негативного воздействия на окружающую среду зависит от многих факторов, основные из которых следующие: техническое состояние оборудования; уровень квалификации персонала; эффективность систем управления производством и рисками промышленной и экологической безопасности; используемые технологии добычи; эффективность систем очистки и другие.

ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Основная доля продукции химического комплекса относится к отрасли минеральных удобрений. Отрасль включает производство всех видов агрохимического сырья (апатитовый концентрат, хлористый калий, брусит) и полного ассортимента минеральных удобрений (азотных, калийных, сложных и комплексных удобрений), азотных соединений.

Предприятия по производству минеральных удобрений относятся к опасным производственным объектам в соответствии с положениями Федерального закона 116-ФЗ, поскольку на них обращаются опасные вещества, в частности серная, фосфорная, кремнефтористоводородная кислота, щелочи, аммиачная селитра, аммиак, нитрат аммония и др.

К факторам негативного воздействия на окружающую среду при производстве аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот относятся: выбросы в атмосферу; сточные воды; крупнотоннажные побочные продукты; прочие факторы негативного воздействия.

Источники общей опасности [15] – обращение и хранение аммиака, каустической соды, азотной, серной, фосфорной кислоты и органических соединений, а также горючих газов, таких как природный газ, водород и др. Их влияние может быть связано с существенным острым воздействием на

персонал и, возможно, на местное население, в зависимости от количества и типа выброшенных при аварии химических веществ, а также условий для возникновения реакции или катастрофического события, включая пожар и взрыв.

Предприятия химической отрасли могут выделять и (или) перерабатывать большие количества горючих газов, таких как природный газ, водород, оксид углерода. Синтез-газ, содержащий водород, образующийся на установках по производству аммиака, может вызывать струйное горение или приводить к взрыву облака газовой смеси.

Вероятность реализации рисков аварии и негативного воздействия на окружающую среду зависит от многих факторов, основные из которых следующие [15]: ведение технологических процессов в соответствии с установленными нормами технологического режима; работоспособность барьеров промышленной безопасности; уровень технологической дисциплины; техническое состояние оборудования; уровень квалификации персонала; эффективность систем управления производством; наличие и эффективность систем онлайн-контроля и управления рисками промышленной и экологической безопасности; эффективность систем очистки и другие.

ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

В нефтегазовый комплекс входят предприятия по добыче, транспортировке и переработке нефти и газа. Рассмотрим факторы экологического риска для предприятий нефтепереработки и нефтехимии.

К основным факторам негативного воздействия на окружающую среду относятся выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы сточных вод. Отходами производства крупных нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий являются нефтешламы, золошлаки, шлаки химводоочистки [16].

Вещества, загрязняющие атмосферу: оксиды азота, серы и углерода, технический углерод, углеводороды, сероводород. Наибольшую опасность представляют неконтролируе-

мые выбросы вредных веществ, образующиеся при возникновении аварий на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии.

Факторами, способствующими возникновению и развитию аварий, являются [16]:

- наличие на объекте большого количества горючих жидкостей, токсичных веществ, горючих газов создает опасность выброса большого количества опасного вещества при аварийной разгерметизации емкостей и трубопроводов;

- проведение процессов нефтепереработки при высоком давлении и высокой температуре создает большую опасность разгерметизации емкостей, трубопроводов и насосов;

- высокая пожаровзрывоопасность используемых и хранящихся продуктов создает дополнительную опасность возгорания;

- хранение под давлением сжиженных углеводородных газов и аммиака, имеющих низкую температуру кипения создает большую опасность разгерметизации емкостей, трубопроводов и насосов.

Причинами аварий на предприятиях нефтегазового комплекса, как правило, являются:

- нарушения норм технологического режима, неисправность либо отключение систем противоаварийной защиты и сигнализации;

- разгерметизация емкостей, трубопроводов, арматуры и разъемных соединений, разгерметизация резервуаров из-за дефектов изготовления, переполнения, механических повреждений, внешней коррозии;

- неисправность оборудования, разрушение подшипников, движущихся частей насосов, компрессоров и электродвигателей вследствие нарушений условий эксплуатации данного оборудования;

- прекращение подачи электроэнергии на технологические установки (приводит к остановке насосов, вентиляторов, электродвигателей аппаратов воздушного охлаждения, контрольно-измерительных приборов).

ПОДХОДЫ К МИНИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Использование современных информационных технологий, достижений науки и их практическую реализацию в области математического моделирования, аналитики, искусственного интеллекта, автоматизации технологических производственных процессов, их оптимизации и управления можно рассматривать как важный ресурс в решении экологических проблем. В дополнение к механизмам работы с большими данными и предиктивной аналитике внедрение современных интеллектуальных систем контроля состояния ПЭБ позволяет минимизировать роль «человеческого фактора» и использовать объективную информацию, поступающую в режиме реального времени, для управления и минимизации экологических рисков (табл. 2).

Одним из основных источников угроз экологической безопасности являются крупные промышленные предприятия, являющиеся объектами, оказывающими негативное воздействие на окружающую среду. На данных объектах в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды должен осуществляться производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль) [3].

В соответствии со ст. 63.1. Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ [3] в целях обеспечения охраны окружающей среды создается единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды). Задачами данной системы в т.ч. являются регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, хранение, обработка информации о состоянии окружающей среды; выявление изменений состояния окружающей среды, оценка и прогноз этих изменений; обе-

Таблица 2

Система экологической безопасности

Environmental safety system

Комплексная экологическая оценка территорий					
Экологически опасные факторы		Оценка источников воздействия		Анализ состояния объектов природной среды	
				Оценка состояния здоровья населения	
Приоритетные направления обеспечения экологической безопасности					
Обеспечение экологической безопасности деятельности и развития (ОПО, шахты, заводы ...)		Регулирование рационального природопользования		Защита здоровья населения	
				Предупреждение и ликвидация аварий и ЧС	
Средства обеспечения и реализации экологической безопасности					
Нормативно-правовые		Организационно-управленческие, информационные		Научно-технические	
				Финансово-экономические	
				Образовательно-просветительские	
				Социально-экономические	
Разработка и реализация стандартов экологической безопасности		Разработка и реализация стандартов экологической безопасности предприятий		Разработка и реализация стратегических программ и проектов экологической безопасности развития региона	
Экологический мониторинг источников воздействия на окружающую среду		Комплексный мониторинг состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов		Анализ и оценка результатов по ключевым показателям (индикаторам)	

спечение органов государственной власти и местного самоуправления соответствующей информацией.

Системы экологического мониторинга, позволяющие контролировать выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросы в окружающую среду, создаются также на промышленных предприятиях, являющихся источниками негативного воздействия на окружающую среду, в целях контроля состояния экологической безопасности промышленных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявление только фактов загрязнения окружающей среды в результате производственной деятельности промышленных предприятий является явно недостаточным для обеспечения экологической безопасности. Необходимы активные предупредительные действия по выявлению предпосылок возникновения ситуаций, приводящих к техногенным авариям, сопровождающимся взрывами, выбросами токсичных веществ и, как следствие, негативным воздействием на окружающую среду, жизнь и здоровье людей.

Данная задача решается путем реализации на опасных промышленных объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, системы дистанционного риск-ориентированного комплексного мониторинга производственных процессов, промышленной и экологической безопасности – СКМ ПЭБ.

СКМ ПЭБ реализует механизмы активного управления и минимизации экологических рисков и рисков промышленной безопасности. Она может являться источником объективной оперативной информации в системе государственного мониторинга как промышленной безопасности, так и состояния, и загрязнения окружающей среды, атмосферного воздуха, водных объектов, континентального шельфа Российской Федерации и уникальной экологической системы озера Байкал.

Список литературы • References

1. Указ Президента Российской Федерации РФ от 02.07.2021 № 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
2. Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».
3. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
4. Сенаторов М.Ю., Левин С.Е., Нагибин С.Я. Интеллектуальный мониторинг, обобщенный контроль и безопасность критических инфраструктурных систем. М.: Аякс Пресс, 2019. 201 с.
5. Метод расчета интервальной оценки стоимости аварии в пирамиде промышленной безопасности предприятия / С.Е. Левин, Л.М. Богданова, М.Ю. Сенаторов и др. // Автоматизация в промышленности. 2022. № 10. С. 3-11.
Levin S.E., Bogdanova L.M., Senatorov M.Yu., Naghibin S.Ya., Kurpatov O.V. Interval estimation of disaster cost in the safety pyramid of industrial site. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. 2022;(10):3-11. (In Russ.).
6. Методика оценки стоимости событий промышленной безопасности / С.Е. Левин, Л.М. Богданова, М.Ю. Сенаторов и др. // Автоматизация в промышленности. 2022. № 12. С. 7-12.

- Levin S.E., Bogdanova L.M., Senatorov M.Yu., Naghibin S.Ya., Kurpatov O.V. Procedure for estimating the cost of industrial safety events. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. 2022;(12):7-12. (In Russ.).
7. Artemyev V., Kostogryzov A., Rudenko J., Kurpatov O., Nistratov G., Nistratov A. Probabilistic methods of estimating the mean residual time before the next parameters abnormalities for monitored critical systems. Proceedings of the 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICRS-2017), Milan, Italy, pp. 368-373.
 8. Artemyev V., Kostogryzov A., Kurpatov O., Levin S., Nistratov A., Rudenko J. "Smart" industrial safety remote monitoring systems: ideas, methods, practical technologies, implementations, effects. International Conference Actual Problems of System and Software Engineering, APSSE-2021, Moscow, November 16, 2021.
 9. Вероятностный анализ качества функционирования систем дистанционного контроля промышленной безопасности / С.А. Жулина, А.И. Костогрызов, Т.А. Кузнецова и др. // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2017. № 6. С.11-19.
Zhulina S.A., Kostogryzov A.I., Kuznetsova T.A., Kurpatov O.V., Nistratov A.A., Nistratov G.A. Probabilistic analysis of operational quality of remote monitoring systems that provide industrial safety. *Avtomatizatsiya, telemehanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti*. 2017;(6):11-19. (In Russ.).
 10. Zhulina S., Kuznetsova T., Kostogryzov A., Kurpatov O., Nistratov A., Nistratov G. The probabilistic analysis of the remote monitoring systems of critical infrastructure safety. *Journal of Polish Safety and Reliability Association. Summer Safety and Reliability Seminars*. 2017;(7):1-2.
 11. Российская промышленность на четверть увеличила негативное воздействие на почву. FinExpertiza, Исследования, 2 августа 2022 г.
 12. Наседкин С.Ю. Управление экологическим риском деятельности промышленных предприятий (на примере угольной отрасли Кемеровской области): автореф. дис. ... канд. техн. наук. 08.00.05. Наседкин Сергей Юрьевич. Кемерово, 2004. 24 с.
 13. Н.М. Проскуряков. Экология горного производства / Г.Г. Мирзаев, Б.А. Иванов, В.М. Щербаков и др. М.: Недра, 1991.
 14. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности. Пермь: ОАО «НИИ экологии ТЭК», 2014.

Authors Information

Artemiev V.B. – Doctor of Engineering Sciences, e-mail: artemievVB@eurochem.ru

Rudenko Yu.F. – PhD (Engineering), e-mail: rudenkoIUF@suek.ru

Levin S.E. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, e-mail: levin@dynasystems.ru

Kurpatov O.V. – Doctor of Engineering Sciences, e-mail: oleg.kurpatov@dynasystems.ru

Senatorov M.Yu. – Doctor of Engineering Sciences, Professor

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 20, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024