

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В КНР

ON THE MAIN INDICATORS OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF WASTEWATER AND ATMOSPHERE IN CHINA

**P. Bednov
N. Veshneva**

Summary. The relevance of the problems of environmental monitoring of industrial facilities is increasing due to the development of production facilities and stricter requirements for environmental safety. The experience of neighboring countries, which have not only common borders with our country, but also similar conditions for the development of production, is interesting and important for Russia. The purpose of this article is a comprehensive analysis of environmental monitoring of industrial enterprises of the People's Republic of China (PRC) in order to study the possibilities of its adaptation in the Russian Federation (hereinafter RF). To achieve this goal, the article solves several tasks, namely: determining the main indicators of the environmental monitoring system for wastewater and the atmosphere in China; identifying those that can be successfully adapted to the specifics of environmental monitoring of the industrial sector of our country. The material of the article is the provisions of the open report of the Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China for 2022 and a number of publications of national portals related to industry. Analytical, empirical and statistical methods were used, as well as generalization based on the synthesis of information. As a result, it is shown that environmental monitoring of wastewater and atmosphere in China functions as a comprehensive two-level system for remote analysis of various indicators in real time. For each of the areas (water pollution, atmospheric pollution), the key indicators used in the analysis are highlighted, and in some cases the methods of their calculation are given. The conclusion shows that although remote environmental monitoring in China has its own characteristics at each level, its principles can be used as the basis for the formation of approaches to the development of remote environmental monitoring of industrial facilities in Russia.

Keywords: environmental monitoring, industrial enterprises, controlled pollution, monitoring indicators.

Беднов Петр Владимирович

Аспирант, Российский государственный
университет им. А.Н. Косыгина, Москва
10nichenko@bk.ru

Вешнева Наталья Васильевна

Кандидат технических наук, доцент,
Российский государственный
университет им. А.Н. Косыгина, Москва
petr367@yandex.ru

Аннотация. Актуальность проблем экологического мониторинга объектов промышленности возрастает в связи с развитием производств и ужесточением требований к экологической безопасности окружающей среды. Для России интересен и важен опыт стран-соседей, имеющих с нашей страной не только общие границы, но и сходные условия развития производства. Целью данной статьи является всесторонний анализ экологического мониторинга промышленных предприятий Китайской народной республики (КНР) для исследования возможностей его адаптации в Российской Федерации (далее РФ). Для достижения цели в статье решается несколько задач, а именно: определение основных показателей системы экологического мониторинга сточных вод и атмосферы в КНР; выявление тех, которые можно успешно адаптировать к особенностям эко мониторинга промышленного сектора нашей страны. Материалом статьи служат положения открытого доклада Министерства природопользования КНР за 2022 г. и ряд публикаций национальных порталов, связанных с промышленностью. Используются аналитический, эмпирический и статистический методы, а также обобщение на основе синтеза сведений. В результате показано, что экологический мониторинг сточных вод и атмосферы в КНР функционирует как комплексная двухуровневая система дистанционного анализа различных показателей в режиме реального времени. По каждому из направлений (загрязнение вод, загрязнение атмосферы) выделены ключевые показатели, используемые при анализе, в ряде случаев приведены методики их расчета. Заключение показывает, что хотя дистанционный экологический мониторинг в КНР на каждом уровне имеет свои особенности, его принципы могут быть положены в основу формирования подходов к разработке дистанционного экологического мониторинга объектов промышленности в России.

Ключевые слова: экологический мониторинг, промышленные предприятия, контролируемые загрязнения, показатели мониторинга, сточные воды, загрязнение атмосферного воздуха.

Введение

В 2022 году в Китайской Народной Республике (далее КНР) было проведено обширное экологическое исследование [1], которое включало обследование источников выбросов.

В частности, были исследованы: 176528 промышленных предприятий, 13527 станций очистки сточных вод

(включая сельские очистные сооружения с суточной мощностью свыше 500 тонн), 2645 предприятий по утилизации бытовых отходов (включая заводы по централизованной переработке пищевых отходов), 2512 заводов по централизованной переработке опасных отходов (включая медицинские отходы). Результатами обследования стали поистине впечатляющие объемы выявленных на предприятиях выбросов в атмосферу, за-

грязнений сточных вод, образование отходов, включая вредные и опасные отходы подлежащие утилизации (Таблица 1).

Таблица 1.
Объемы и источники контролируемых загрязнений.

Виды контролируемых загрязнений	По видам и источникам загрязнений	тыс. т
Выбросы в сточных водах	Общий объем выбросов химического потребления кислорода (ХПК), всего	25958
	из них:	
	— Промышленные источники (включая неприоритетные)	369
	— Сельскохозяйственные источники	17857
	— Бытовые источники	7722
	— Централизованные очистные сооружения (включая фильтраты)	11
	Общий объем выбросов аммиачного азота	820
	из них:	
	— Промышленные источники (включая неприоритетные)	14
	— Сельскохозяйственные источники	281
	— Бытовые источники	525
	— Централизованные очистные сооружения (включая фильтраты)	1
Выбросы в атмосферу	Общий объем выбросов диоксида серы (SO ₂)	2435
	из них:	
	— Промышленные источники	1935
	— Бытовые источники	597
	— Централизованные очистные сооружения	3
	Общий объем выбросов оксидов азота (NO _x)	8957
	из них:	
	— Промышленные источники	3333
	— Бытовые источники	339
	— Мобильные источники (транспорт)	5267
	— Централизованные очистные сооружения	19
	Общий объем выбросов твердых частиц (пыли)	4934
	Из них	
	— Промышленные источники	3057

Виды контролируемых загрязнений	По видам и источникам загрязнений	тыс. т
Выбросы в атмосферу	— Бытовые источники	1823
	— Мобильные источники (транспорт)	53
	— Централизованные очистные сооружения	1
	Общий объем выбросов летучих органических соединений (ЛОС), всего	5661
	из них:	
	— Промышленные источники	1955
	— Бытовые источники	1794
	— Мобильные источники (транспорт)	1912
Обращение с твердыми отходами	Образование обычных промышленных твердых отходов	41440
	из них:	
	— Переработано	2370
	— Утилизировано	890
	Образование промышленных опасных отходов	95148
	из них:	
	— Переработано и утилизировано	94439

Цель данной статьи — определить подходы к созданию экологического мониторинга промышленных предприятий в России на базе китайского опыта в части обращения с твердыми отходами промышленных предприятий.

Задачи работы: 1) изучить ключевые параметры, которые существенны для экомониторинга Китая по направлению контроля атмосферного воздуха и качества воды; 2) определить те из них, которые возможно адаптировать к российским условиям.

Материалы и методы

Объектом исследования являются показатели экологического мониторинга, применяемые китайскими промышленными предприятиями. Основным материалом — данные открытых источников, опубликованных на портале Министерства экологии и природных ресурсов КНР, а также ряд документов (доклады, отчеты, справки, результаты сбора данных), полученные автором в ходе непосредственной работы в экологических департаментах промышленных предприятий КНР. В работе применены методики: кабинетных исследований нормативных государственных актов КНР, полевых исследований на базе широкого анкетирования и сбора

отчетных материалов на промышленных предприятиях, обобщения выполнены в опоре на методы сравнительного и эмпирического анализа.

Результаты и обсуждение

Объем образования обычных промышленных твердых отходов — это, как известно, фактическое количество неопасных промышленных отходов, образованных на предприятиях за отчетный год. В КНР выделяют обычные и опасные промышленные отходы, существует кодификатор, с помощью которого определяются качественные показатели экологического мониторинга (Таблица 2). С помощью такого кодификатора государство отслеживает не только количество образовавшихся отходов, но и степень причиняемого ими вреда.

Таблица 2.
Виды неопасных промышленных отходов и их кодификация в КНР

Код	Наименование	Код	Наименование
SW01	Металлургический шлак	SW06	Гипс, образующийся при десульфурзации (сероочистке) дымовых газов
SW02	Зола-унос (пылевидная зола угольных ТЭС)	SW07	Ил — осажденные твердые вещества, выделяющиеся при очистке сточных вод на очистных сооружениях, измеряемые по сухой массе.
SW03	Доменный и котельный шлак	SW09	Красная глина (отходы бокситовой переработки), образующиеся при производстве оксидов алюминия или гидроксидов алюминия из алюминиевых руд.
SW04	Порода (пустая порода угледобычи)	SW10	Фосфатный гипс — побочный продукт, образующийся в процессе производства фосфорной кислоты с использованием серной кислоты для разложения фосфоритов, в котором содержатся сульфат кальция, нерастворимые вещества и не переработанные фосфориты
SW05	Хвосты (отходы обогащения руд)	SW99	Другие отходы (отходы от механической обработки, шлифовальные и резательные отходы, отходы из песчаных форм в машиностроении, активированный уголь в пищевой промышленности, обломки кирпича, плитки, бетона в силикатной и строительной промышленности)

Особенностью китайской системы экологического мониторинга является большое количество исключений. Так, например, в обычные промышленные отходы не включаются отходы горной выемки, такие как

вскрышные отходы и отходы выемки, за исключением угольных пустых пород и кислотных или щелочных отходов, а также кислотные или щелочные отходы, в которых pH, после прохождения воды или дождевых вод, составляет менее 4 или более 10,5.

Металлургический шлак включен в систему мониторинга как обычные промышленные отходы, образующиеся в процессе металлургического производства (доменные шлаки, сталеплавильные шлаки, шлаки ферросплавов, марганцевые шлаки и другие). Другие отходы металлургии, которые включены в «Национальный реестр опасных отходов», не учитываются при мониторинге обычных промышленных отходов, считаются опасными.

То же самое касается и отдельных продуктов горения, а также шлаков. Так, например, в КНР термином «зола-унос» обозначают тонкие частицы, улавливаемые из дымовых газов при сжигании угля. Она не включает золу, выбрасываемую из топок угольных установок. Зола-унос в основном образуется в отраслях производства и поставки электроэнергии и тепла, а также других отраслях, использующих угольные установки. Она также известна как летучая зола или дымоходная зола, и в основном собрана из дымовых газов, что примерно соответствует количеству улавливаемой пыли. Или другой пример — доменный и котельный шлак. Это отходы, образующиеся в процессе сжигания топлива в котлах. При мониторинге промышленных выбросов к этому типу отходов не относят пыль, образующуюся при сжигании топлива.

Дополнительными качественными показателями является группа показателей, связанная с переработкой или утилизацией отходов. Например, объем переработанных твердых отходов — это объем отходов, переработанных или преобразованных в полезные ресурсы, энергию и другие исходные материалы посредством переработки, перераспределения, повторного использования или обмена. В КНР он включает объем прошлых отходов, использованных в текущем году. Например, отходы могут использоваться в качестве сельскохозяйственных удобрений, для производства строительных материалов, для дорожно-строительных работ и т. д. Эти данные должны быть собраны от организации, которая генерирует эти отходы.

Учитывается и метод утилизации отходов. Например, ряд из них могут нести дополнительный вред и загрязнение в окружающую среду, другие же — быть относительно менее опасными. Такие методы в КНР включают: захоронение (на свалке), сжигание, специализированное хранение (накопление) с последующим захоронением, глубокое закачивание в подземные хранилища, утилизацию в море. Для целей мониторинга учитывают объем утилизации, который включает как собственную утили-

зацию предприятия, так и утилизацию через сторонние организации, а также объем отходов, утилизированных из предыдущих лет. Для системы мониторинга важно, что каждому методу утилизации также присваивается свой код, влияющий на качественную оценку экологического состояния предприятия/региона (подробнее см. Таблицу 3)

Таблица 3.

Методы утилизации опасных отходов
(кроме медицинских)

Код	Методы утилизации
R1	Использование в качестве топлива (за исключением прямого сжигания) или для получения энергии другим способом
R2	Восстановление/регенерация растворителей (например, дистилляция, экстракция и т.д.)
R3	Рециркуляция/повторное использование органических веществ, не используемых в качестве растворителей
R4	Рециркуляция/повторное использование металлов и металлических соединений
R5	Рециркуляция/повторное использование других неорганических веществ
R6	Восстановление кислот или щелочей
R7	Восстановление компонентов веществ для снижения загрязнений
R8	Восстановление компонентов катализаторов
R9	Рафинирование отработанных масел или повторное использование других отработанных масел
R15	Прочее
D1	Захоронение
D9	Физико-химическая обработка (например, испарение, сушка, нейтрализация, осаждение и т.д.), за исключением предварительной обработки перед захоронением или сжиганием
D10	Сжигание
D16	Прочее
C1	Совместная утилизация в цементных печах
C2	Производство строительных материалов
C3	Очистка (упаковочных контейнеров)

Особое внимание в КНР уделяется определению объема опасных отходов, переданных в лицензированные учреждения. Этот показатель приводится как количество опасных отходов, которые были официально отправлены в учреждения, имеющие лицензию на управление опасными отходами для переработки, утилизации или хранения. Лицензия на управление опасными отходами

выдается соответствующими органами в соответствии с Положением о лицензировании управления опасными отходами (в частности, медицинскими, Таблица 4.)

Таблица 4.

Методы утилизации опасных медицинских отходов

Код	Методы утилизации
Y10	Сжигание медицинских отходов
Y11	Обработка медицинских отходов с использованием пара высокой температуры
Y12	Химическая дезинфекция медицинских отходов
Y13	Обработка медицинских отходов с использованием микроволн
Y16	Другие методы утилизации медицинских отходов

Отдельные показатели, связанные с утилизацией твердых бытовых отходов (ТБО), опасных и медицинских отходов, специфичные для каждого типа отходов и каждого типа предприятий в данной статье не приводятся.

Благодаря широкому набору данных, поступающих в автоматизированном режиме в единую систему экологического мониторинга страны, а также целому спектру качественных характеристик разного уровня, в КНР сформирован классификатор экологических инвестиционных проектов, направленных на очистку и переработку по трем обсуждаемым в данной статье направлениям — сточные воды, загрязнения атмосферного воздуха, твердые отходы.

Инвестпроекты разделяются на 14 категорий:

1. Очистка сточных вод промышленного производства.
2. Очистка отходящих газов от промышленных выбросов посредством дезульфурации.
3. Очистка отходящих газов от промышленных выбросов посредством деазотирования.
4. Очистка других видов отходящих газов.
5. Очистка общих промышленных твердых отходов.
6. Очистка опасных отходов (для собственных объектов предприятия).
7. Очистка шума (включая вибрацию).
8. Очистка от электромагнитных излучений.
9. Очистка от радиоактивных веществ.
10. Очистка загрязнений в промышленном производстве почвы.
11. Очистка загрязнений в почвах горнодобывающих производств.
12. Покупка и установка автоматических приборов для мониторинга загрязнений.
13. Перемещение загрязняющих источников.
14. Другие виды очистки (включая комплексные меры).

Иными словами, государство, благодаря классификатору, более или менее точно знает на что конкретно будут потрачены инвестируемые средства, какие показатели эффективности нужно использовать, чтобы оценить успешность проекта, и каков ожидаемый экономический эффект. Источниками финансирования для этих инвестиций являются различные виды денежных средств, полученных для решения экологических вопросов, например, дополнительные государственные субсидии и средства, собранные предприятиями.

Для оценки используется также термин «новая проектная мощность, достигнутая при завершении проекта» — т.е. мощность, которую могут достичь основные (или главные) инженерные сооружения (или оборудование), а также сопутствующие вспомогательные сооружения (или оборудование) при нормальных условиях.

Единицы измерения проектной мощности по трем ключевым направлениям очистки (сточные воды, атмосферные выбросы, твердые отходы): проектная мощность для очистки сточных вод измеряется в тоннах/день (t/d); проектная мощность для очистки отходящих газов измеряется в нормальных кубических метрах/час (m³/h); проектная мощность для очистки твердых отходов измеряется в тоннах/день (t/d).

Выводы и заключение

В данном исследовании мы фокусировались на количественных показателях, связанных с контролем об-

ращения с твердыми отходами промышленных предприятий. Подводя итоги, выделим основные качества непрерывного экомониторинга, который мог бы получить широкое распространение в России на базе опыта китайских промышленных предприятий.

Во-первых, на федеральном уровне потребуются расширение охвата цифровизации и унификацией применяемых систем экологического мониторинга на предприятиях с параллельным созданием централизованной системы приема и регистрации экологических показателей федерального уровня в режиме реального времени, как это функционирует на территории КНР, в частности по загрязнению вод и атмосферного воздуха.

Во-вторых, большинство китайских количественных и качественных показателей уровня отдельного рассчитываются по сходным с российскими предприятиями методикам, и при условии отладки инструментального контроля с помощью датчиков применимы на территории России.

Анализ системы показателей экологического мониторинга промышленных предприятий КНР целесообразно продолжить и дополнить третьей составляющей — мониторингом переработки отходов. Это позволит предпринять шаги на пути сближения экологических практик наших стран, учесть передовой опыт, повысить общую экологическую безопасность в России и Китайской народной республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство экологии и природных ресурсов Китайской народной республики. — Официальный портал. — Электронный ресурс: <http://english.mee.gov.cn/> (дата обращения: 18.02.2025).
2. Ежегодный доклад о результатах экологического мониторинга за 2022 г. — Министерство экологии и природных ресурсов Китайской народной республики. — Официальный портал. — Электронный ресурс: <https://big5.mee.gov.cn/gate/big5/www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/sthjtnb/202312/W020231229339540004481.pdf> (дата обращения 20.02.2025).
3. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий определению условий выпуска его в водные объекты. — ФГУП «НИИ ВОДГЕО». — с.10 Электронный ресурс: <https://akstok.com/wp-content/uploads/2019/08/Rekomendatsii-NII-VOVGEO-po-raschyotu-sistem-ochistki-livnyevykh-stokov.pdf> (дата обращения 25.02.2025).
4. Государственный доклад Министерства природных ресурсов и экологии РФ «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году». — Электронный ресурс: <https://2023.ecology-gosdoklad.ru/doklad/atmosfernyy-vozduh/vybrosy-zagryaznyayuschih-veschestv/> (дата обращения 24.02.2025).
5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. — НИИ Атмосфера. — Санкт-Петербург, 2005. — с.18. — Электронный ресурс <https://neftetank.ru/upload/iblock/8db/557.pdf> (дата обращения 25.02.25)
6. SHEN L.J., LIANG S.W., WU Y.T., et al., 2018. Pollution characteristics and source apportionment of VOCs in ambient air of a residential area in Wuhan [J]. Journal of Nanjing University of Information Science and Technology (Natural Science Edition), 10(5): 527–535.
7. LI K.W., YING F., CHEN L.H. et al., 2019. Ambient VOCs characteristics and associated effects in urban Hangzhou [J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 53(1): 1–13.
8. QIA Y.Q., SHEN L.M., ZHANG J.L. et al., 2019. Species and release characteristics of VOCs in furniture coating process [J]. Environmental Pollution, 245: 810–819.
9. BARI M.A., KINDZIERSKI W.B., 2018. Ambient volatile organic compounds (VOCs) in Calgary, Alberta: sources and screening health risk assessment [J]. Science of The Total Environment, 631–632: 627–640.
10. GAO Z.Q., HU G.J., WANG H. et al., 2019. Characterization and assessment of volatile organic compounds (VOCs) emissions from the typical food manufactures in Jiangsu province, China [J]. Atmospheric Pollution Research, 10(2): 571–579.