

Sc	8.62	10.76	10.91	9.93	10.22	10.71	10.72	9.96	10.24	9.63
Rb	57.72	110	122	119	91.33	110	122	109	102.72	92.1
Fe	22948	31253	31403	28766	29358	29416	30713	30206	29534	28732
Zn	117.9	115	112	98	138	107	117	108	108	96.77
Co	8.79	12	11.7	9.67	11.2	10.2	11.27	10.7	11.35	10.75
Ta	0.59	0.81	1.05	0.86	1.07	0.88	1.12	1.03	1.05	1.14
Eu	0.84	0.94	1.04	1.02	1.14	1.02	1.14	1.06	0.93	1.05
Sb	1.42	2.01	1.84	1.69	1.99	3.59	1.81	1.54	4.35	2.5
Mn	500	570	550	470	635	510	570	565	540	520
Na	7200	10400	12500	13500	11900	12700	12700	13000	12700	10700
K	14100	21300	24100	22100	20600	24400	21600	22900	21600	19100

**Заключение**

Получены данные по содержанию элементов в почве исследуемых регионов, из которых следует, что во многих регионах повышенны содержания мышьяка (7,5-9,9 мкг/г); цинка (98-138 мкг/г); кобальта (8,79-12 мкг/г); урана (3,2-10,5 мкг/г). Это связано с развитой промышленностью в этих регионах, а повышенные содержания кальция, натрия, калия - с характером самих почв.

Повышенные концентрации цинка, выявленные в некоторых районах, возможно, связаны с развитой промышленностью в данных районах (до 100 мкг/г); резко повышенные концентрации цинка (более 100 мкг/г) в изученных районах связаны с деятельностью Алмалыкского ГМК и Бекабадского металлургического комбината.

Повышение содержания урана по течению рек может быть объяснено не только воздействием бывших урановых производств (Янгиабад, Красногорск), но и выносом урана, содержащегося в фосфорных удобрениях промывными водами. Полученные данные позволяют оценить экологическую ситуацию данных территорий.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Лисаченко Э.П. Промышленные отходы и выбросы как источник поступления природных радионуклидов//Радиоэкологическая безопасность России: Материалы конф., Санкт-Петербург, 20-22 июня 1995 года. -Челябинск, 1995. - С. 72
2. Музрафов А.М., Темиров Б.Р., Саттаров Г.С. Оценка влияния техногенных факторов на экологию региона. Горный журнал. Москва. 2013. №8.(1). – С.65-68.
3. Якунина И.В., Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Тамбов – 2009. – 168 с.
4. Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. - Т.: Фан, 1987. – 236с.
5. Веренчикова М.С., Гуттко В.И., Хильманович А.М. Определение валового содержания химических элементов в почве // Экологический вестник, Минск, 2010, №2 (12), с.152–155.

## **АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ**

### **ANALYSIS OF THE IMPACT OF CHEMICAL INDUSTRY ENTERPRISES ON ATMOSPHERIC AIR**

**E. V. Зайцева, И. А. Ровенская**

**E. V. Zaetseva, I. A. Rovenskaya**

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

yelena\_zaytseva\_2000@inbox.ru

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В работе приведен анализ одной из самых крупных отраслей промышленного комплекса Республики Беларусь – химической отрасли. Рассмотрена динамика валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников предприятий химической промышленности за 1995 – 2019 гг. Изучен перечень загрязняющих веществ в выбросах 7 различных отраслей предприятий химической промышленности. Установлен доминирующий по объему загрязнитель в выбросах химических предприятий –

сернистый ангидрид и приведен анализ основных методов очистки промышленных выбросов от сернистого ангидрида. Рассмотрен вопрос применимости методов в целом на предприятиях Республики Беларусь.

The paper presents an analysis of one of the largest branches of the industrial complex of the Republic of Belarus – the chemical industry. The dynamics of gross emissions of pollutants into the atmospheric air from stationary sources of chemical industry enterprises for 1995 – 2019 is considered. The list of pollutants in the emissions of 7 different branches of the chemical industry enterprises was studied. The dominant pollutant in the emissions of chemical enterprises – sulfurous anhydride-is identified and the analysis of the main methods for cleaning industrial emissions from sulfur dioxide is given. The question of the applicability of the methods in general at the enterprises of the Republic of Belarus is considered.

*Ключевые слова:* атмосферный воздух, выбросы, загрязняющие вещества, методы очистки, мониторинг, сернистый ангидрид, химическая промышленность.

*Keywords:* atmospheric air, emissions, pollutants, cleaning methods, monitoring, sulfur dioxide, chemical industry.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-169-173>

Химическая промышленность является одной из наиболее крупных отраслей промышленного комплекса Республики Беларусь, предприятия которой расположены во всех регионах страны (рисунок 1).

Химическая промышленности РБ подразделяется на 7 отраслей:

1. Производство минеральных удобрений (ОАО «Беларуськалий», ОАО «Гродно Азот», ОАО «Гомельский химический завод»);
2. Производство синтетических смол и пластмасс (ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий»);
3. Микробиологическая промышленность (ОАО «Бобруйский завод биотехнологий»);
4. Производство бытовой химии (ОАО «Брестский завод бытовой химии», ООО «Адгезия»);
5. Производство шин и резинотехнических изделий (ОАО «Белшина»);
6. Производство синтетических и искусственных волокон (ОАО «Могилевхимволокно», ОАО «Завод Химволокно», ОАО «СветлогорскХимволокно», ОАО «Полоцк-Стекловолокно», ОАО «Нафттан»);
7. Лакокрасочная промышленность (ОАО «Лакокраска»).

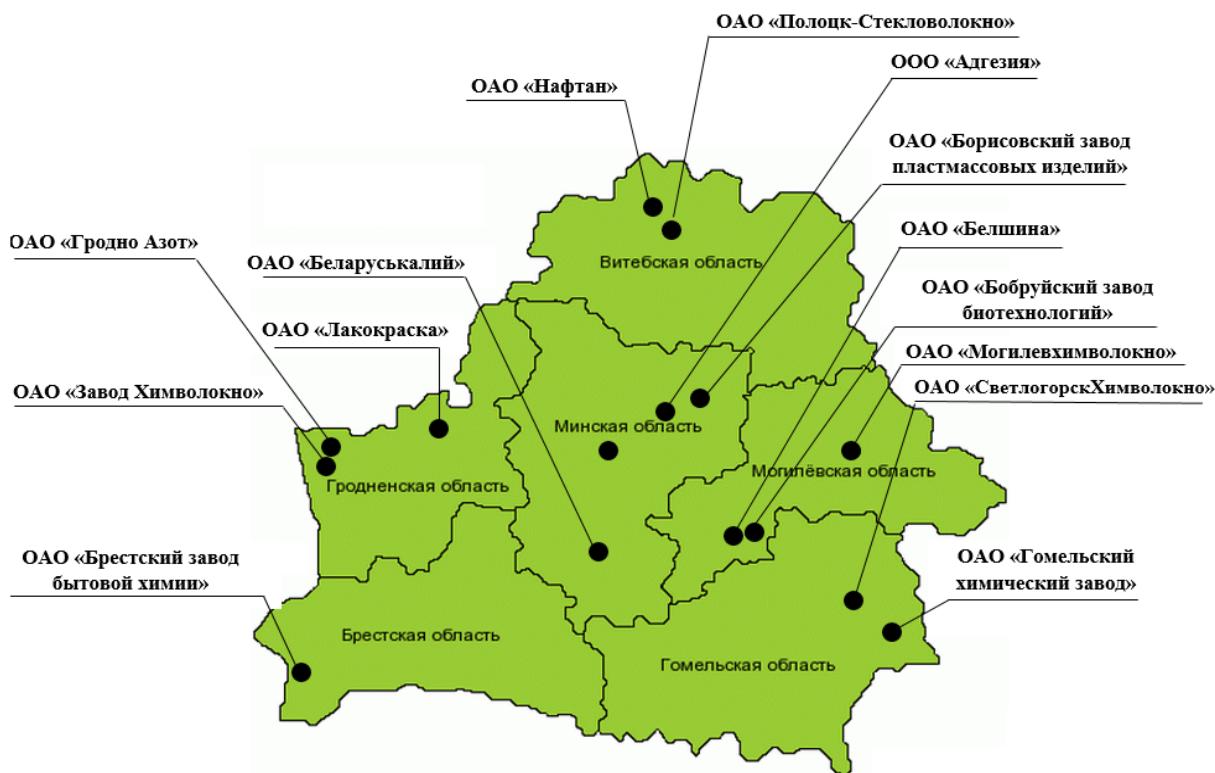


Рис. 1 – Расположение предприятий химической отрасли на территории Республики Беларусь

Негативное воздействие на атмосферный воздух химической промышленности определяется спецификой производства и свойствами используемого сырья. Неблагоприятное воздействие на атмосферный воздух химической отрасли проявляется в наличии значительных объемов и высокой токсичности выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Кроме того, подавляющая часть новых производимых химических веществ не имеет природных аналогов, многие из них потенциально опасны, особенно в генетическом плане. В целом в атмосферу выбрасывается широкий спектр загрязняющих веществ (таблица 1).

Таблица 1 – Характерные выбросы в атмосферу для различных отраслей химической отрасли РБ

Отрасли химической промышленности	Продукт производства	Перечень загрязняющих веществ в производственных выбросах
Производство минеральных удобрений	Сложные удобрения	NO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , HNO <sub>3</sub> , пыль удобрений
	Аммиачная селитра	CO, NH <sub>3</sub> , HNO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (пыль)
	Суперфосфаты	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HF, пыль суперфосфата
	Серная кислота	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (пыль),
	Соляная кислота	HCl, Cl <sub>2</sub>
	Фосфор и фосфорная кислота	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (пыль), HF
	Хлористый калий	HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KCl
	Натрий хлористый технический	Cl <sub>2</sub> , NaOH
	Метанол	CH <sub>3</sub> OH, CO
Производство синтетических смол и пластмасс	ПХВС (полихлорвиниловые смолы)	Hg, HgCl <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>
	Поливинилхлорид	Винилхлорид, пыль ПВХ
Микробиологическая промышленность	Этанол	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, CO
	Белково-витаминные концентраты	Пыль БВК, пыль кормовых антибиотиков, меркаптаны, спирты, эфиры, фенол
Производство бытовой химии	Жидкий хлор	HCl, Cl <sub>2</sub> , Hg
	Хлорная известь	Cl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> (пыль)
	Ацетон	CH <sub>3</sub> CHO, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
	Аммиак	NH <sub>3</sub> , CO
Производство шин и резинотехнических изделий	Шины и резиновые изделия	Пыль неорганических и органических материалов, технический углерод, фталевый ангидрид, CO, CO <sub>2</sub>
Производство синтетических и искусственных волокон	Искусственные волокна	H <sub>2</sub> S, CS <sub>2</sub>
	Поливинилхлорид	Винилхлорид, пыль ПВХ
	Переработка нефти	Меркаптаны, сероводород, аммиак, углеводороды, органические соединения азота, окись углерода
	Капролактам	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CO
Лакокрасочная промышленность	Лак	HgCl <sub>2</sub> , CO, NH <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> CHO, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO, C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
	Эмаль	CH <sub>3</sub> CHO, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO, NH <sub>3</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, CO
	Фталевый ангидрид	Фталевый ангидрид, малеиновый ангидрид

В целях наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, комплексной оценки и прогноза его состояния в Республике Беларусь проводится мониторинг атмосферного воздуха.

Сбор, хранение, обобщение, анализ и предоставление информации, полученной в результате проведения мониторинга атмосферного воздуха, осуществляется ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды».

В выбросах предприятий химической отрасли перечень наблюдаемых параметров определен с учетом специфики хозяйственной деятельности природопользователей. Он включает определение концентраций основных продуктов, таких как твердые частицы суммарно, оксид углерода, оксиды азота, полициклические ароматические углеводороды, летучие органические соединения и др. Ряд природопользователей контролирует также специфические загрязняющие вещества, наличие которых обусловлено характером производства, например, диаммоний сульфат, циклогексан (ОАО «ГродноАзот»), этиленгликоль, формальдегид (ОАО «Могилевхимволокно»).

Общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками химической отрасли в Республике Беларусь в 2019 г. составил 426,1 тыс. т. Динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников за период 1995–2019 гг. отображена на рисунке 2, на котором отчетливо видно резкое сокращение выбросов в 1990–2003 годах и в дальнейшем незначительные колебания объемов выбросов в пределах  $400 \pm 58$  тыс. т в год [1].

Предприятия химической отрасли, включенные в систему локального мониторинга, суммарно дают около 30 % от общереспубликанского объема выбросов, из которых 2 % приходятся на Брест и Брестскую область, 8 % Витебск и Витебская область, 7 % Гомель и Гомельская область, 4 % Гродно и Гродненская область, 6 % Минск и Минская область, 3 % Могилев и Могилевская область (рисунок 3) [2].

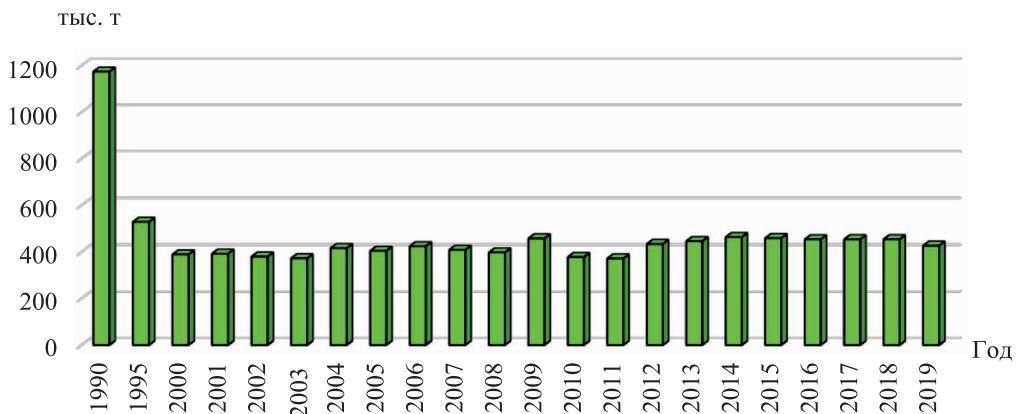


Рис. 2 – Динамика валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников предприятий химической отрасли за 1995–2019 гг.

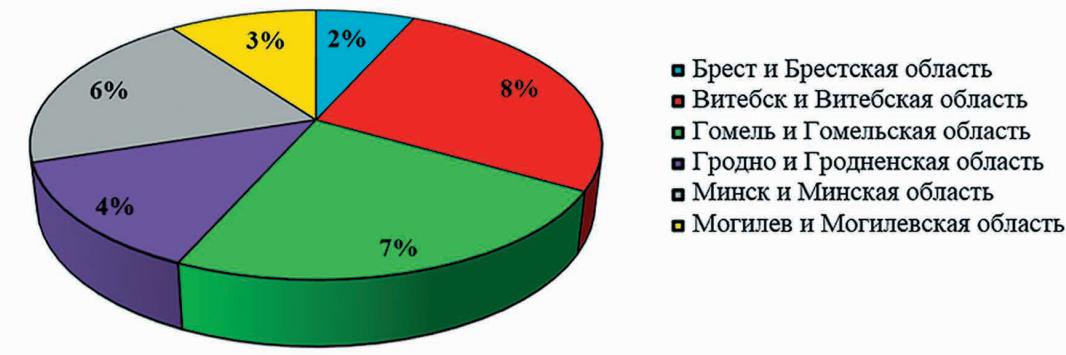


Рис. 3 – Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников предприятий химической промышленности в 2019 гг.

Наибольший объём выбросов от предприятий химической отрасли РБ приходится на сернистый ангидрид. Значительные количества его выбрасываются в атмосферу при производстве серной кислоты, а также при сжигании высокосернистого топлива в теплоэнергетических установках. В отходящих газах сернокислотных производств содержание сернистого ангидрида достигает 0,2 – 0,3 % [3].

Проблема полного улавливания сернистого ангидрида на большинстве заводов пока не решена, несмотря на большое число предложенных и апробированных в производственных условиях методов. Это объясняется тем, что все существующие методы очистки отходящих газов от сернистого ангидрида являются дорогостоящими и выбор того или иного из них зависит от получаемых побочных продуктов, реализация которых оказывает влияние на технико-экономические показатели процесса очистки.

Все известные и проверенные в заводском масштабе методы очистки газов от SO<sub>2</sub> можно разделить на три основные группы:

1) аммиачные методы, позволяющие одновременно с очисткой газов от SO<sub>2</sub>, получать сульфит и бисульфит аммония, которые используются как товарные продукты либо разлагаются кислотой с образованием высококонцентрированной SO<sub>2</sub> и соответствующей соли;

2) методы нейтрализации сернистого ангидрида, позволяющие одновременно получать сульфиты и сульфаты. Эти методы обеспечивают высокую степень очистки газов, но получаемые продукты имеют ограниченный спрос в народном хозяйстве;

3) каталитические методы, основанные на окислении сернистого ангидрида в присутствии катализаторов с получением разбавленной серной кислоты [3].

Выбор того или иного метода очистки от сернистого ангидрида должен быть решен с учетом местных условий, наличия поглотителей и потребности в получаемых продуктах.

На производстве наибольшее распространение получил метод нейтрализации сернистого ангидрида, а именно содовый метод. Содовый метод основан на поглощении сернистого ангидрида раствором соды в абсорбционных башнях. Фактически процесс получения бисульфита из оксида серы (IV) проходит через стадии образования бикарбоната и сульфита натрия:





Распространение данного метода обусловлено непрерывностью ведения технологического процесса и экономичностью очистки больших количеств газовых выбросов.

Таким образом, химическая промышленность Республика Беларусь является одной из самых крупных отраслей промышленности, и включает 7 отраслей, характеризующихся широким спектром производимых продуктов. Предприятия химической отрасли суммарно дают около 30 % от общереспубликанского объема выбросов в атмосферный воздух, включающих широкий спектр высокотоксичных веществ. Наибольший объем выбросов приходится на сернистый ангидрид. Для удаления  $\text{SO}_2$  из выбросов предприятий чаще всего применяется абсорбцию содовым раствором (содовый метод).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух за 1990-2019 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 22.03.2021.
2. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2019 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/content/793.html>. – Дата доступа: 21.03.2021.
3. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник Т. 1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.

## ВОДОПОТРЕБЛЯЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ – НАПРАВЛЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

## WATER CONSUMPTION EQUIPMENT AT THE ENTERPRISES FOR THE PRODUCTION OF DAIRY PRODUCTS - DIRECTION OF OPTIMIZING WATER USE

**П. Н. Захарко**

**P. Zakharko**

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»,  
г. Минск, Республика Беларусь,  
*polina.k.85@mail.ru*

RUE «Central Research Institute for Complex Use of Water Resources», Minsk, Republic of Belarus

В статье рассмотрено основное водопотребляющее оборудование на предприятиях по производству молочных продуктов. Выделены факторы, оказывающие влияние на использование воды оборудованием, приведены возможные диапазоны водопотребления по оборудованию, которые указывают о возможности развития направлений по оптимизации водопользования на предприятии по производству молочных продуктов. Учитывая активное наращивание предприятиями по производству молочных продуктов последние 10 лет производственных мощностей, вопросы оптимизации водопользования становятся все более актуальными.

The article discusses the main water-consuming equipment at enterprises for the production of dairy products. The factors influencing the use of water by equipment are highlighted, possible ranges of water consumption by equipment are given which indicate the possibility of developing directions for optimizing water use at an enterprise for the production of dairy products. Taking into account the active increase of production capacities by enterprises for the production of dairy products over the past 10 years, the issues of optimizing water use are becoming more and more urgent.

*Ключевые слова:* водопотребляющее оборудование, диапазон водопотребления, водопользование.

*Key words:* water-consuming equipment, range of water consumption, water use.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-173-177>

Предприятия по производству молочных продуктов последние 10 лет активно наращивают объемы производства, расширяют ассортимент выпускаемой продукции, что сопровождается увеличением объемов использования воды питьевого качества на производственные нужды, а также объемов образования сточных вод.

Приведенная в статистическом сборнике «Промышленность Республики Беларусь» структура объема производства продуктов питания, напитков и табачных изделий в 2019 году [1] указывает, что производство молочных