

## ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

УДК 574

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-124-129

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ  
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ БЕЗДОЛОМИТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВА МОНОХРОМАТА НАТРИЯ  
НА НОВОТРОИЦКОМ ЗАВОДЕ ХРОМОВЫХ СОЕДИНЕНИЙЧерчинцев В.Д.<sup>1</sup>, Нефедова Е.В.<sup>2</sup>, Козлов А.С.<sup>2</sup><sup>1</sup> Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия<sup>2</sup> Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», Новотроицк, Россия

**Аннотация.** Приведены результаты энерго- и ресурсосбережения в результате внедрения инновационной технологии на Новотроицком заводе хромовых соединений (НЗХС). **Гипотеза исследования:** бездоломитная технология является экономически и экологически более выгодной относительно традиционной технологии получения монокромата натрия. **Цель исследования:** рассчитать динамику изменения энергозатрат, потерь хрома и выбросов загрязняющих веществ в ходе производства монокромата натрия на НЗХС. **Методы исследования:** анализ статистической информации.

Бездоломитная технология получения монокромата натрия, которая подразумевает отказ от инертного наполнителя за счет повторного использования нерудного остатка, была разработана специалистами НЗХС на основе разработок Т.Д. Авербуха и П.Г. Павлова.

В работе доказано, что переход на новую технологию позволил снизить себестоимость продукции ввиду отсутствия необходимости приобретения доломита и известняка (для нужд производства в год приобреталось до 160 тыс. тонн данного сырья); снижения энергозатрат и технических затрат на обслуживание оборудования при сушке и измельчении доломита; снижения потерь хрома с отходом производства – шламом монокромата натрия, а следовательно, и снижения нормы расхода хромовой руды на производство.

Расчеты, проведенные в работе, показали, что удельное потребление природного газа за 1 квартал 2015 года снизилось на 252,33 Гкал/т, годовая экономия – свыше 13,87 млн Гкал. Бездоломитная технология повлияла на существенное снижение образования токсичного шлама (на 9046 т/квартал – 37,6%) и потерь хрома в отходах производства (на 330,6 т/квартал – 25,2%).

Рассчитан экологический эффект от внедрения бездоломитной технологии, который заключается в снижении нормы выхода шлама с 2,5 до 1,1 т на тонну монокромата, а значит, и снижении объемов размещения отходов в шламонакопителе. Прекращение выбросов загрязняющих веществ от переделов производства, ранее ориентированных на применение доломита, – разгрузка и хранение сырья, его дробление и сушка, показало, что с увеличением объема производства монокромата натрия на 32,4% суммарный объем твердых выбросов снизился на 13,5%.

В целом, переход на бездоломитную технологию доказывает возможность реализации основных принципов рационального природопользования и перехода к устойчивому развитию на предприятии химической промышленности. Результаты, представленные в работе, показывают, что бездоломитная технология, по сравнению с консервативной, значительно превосходит ее в таких показателях, как энергоэффективность, экологичность, себестоимость при получении продукции. Также технология позволяет работать на хромосодержащем сырье практически всех мировых производителей, включая низкохромистые руды и концентраты.

**Ключевые слова:** хром, монокромат натрия, ресурсосберегающие технологии, шламы, энергозатраты.

## Введение

Город Новотроицк Оренбургской области является крупным промышленным центром, в котором сконцентрированы предприятия горнодобывающего, металлургического, химического комплекса. ОАО «Новотроицкий завод

хромовых соединений» (НЗХС) – одно из градообразующих промышленных предприятий. Предприятие располагается на одной производственной площадке в северо-восточной промышленной зоне наряду с такими промышленными гигантами, как ОАО «Уральская Сталь», ОАО «Новотроицкий цементный завод». Высокий уровень загрязнения окружаю-

© Черчинцев В.Д., Нефедова Е.В., Козлов А.С., 2016

щей среды усугубляется вновь введенным цементным производством ООО «ЮУГПК» и накопленным за 60 лет металлургического производства шлакоотвалом [1, 2].

В городе наблюдается высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, почв, изменение ландшафтов за счет складирования отходов производства. Поэтому внедрение ресурсосберегающих и малоотходных производств – одна из важнейших задач, стоящих перед предприятиями. В 2015 году специалисты Новотроицкого завода хромовых соединений внедрили новую (бездоломитную) технологию производства монокромата натрия, что существенно снизило экологическую нагрузку на регион.

Производство хромовых соединений связано с выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух (около 670 т в год), а также с образованием отходов производства – шлама монокромата натрия (около 180 тыс. т год). Действующий оборотный цикл водоснабжения исключает воздействие на водные объекты г. Новотроицка. Специфическими веществами, поступающими в атмосферу, являются выбросы соединений трехвалентного (33,32 т/год) и шестивалентного хрома (4,96 т/год).

Хром встречается в биологически подвижной (органические соединения) и минеральной формах. Токсичность соединения хрома находится в прямой зависимости от его валентности: наиболее ядовиты соединения хрома (VI), высокотоксичны соединения хрома (III), металлический хром и его соединения (II) – менее токсичны. Минеральный хром (III) может переводиться в биологически подвижную форму растениями и бактериями. Такая форма металла необходима всем живым организмам в малых количествах. Суточная потребность человека – это 50–200 мкг хрома. Если человек испытывает дефицит хрома, он быстро переутомляется, страдает от нарушения сна и головных болей, часто испытывает беспричинное беспокойство. Большие дозы данного металла токсичны для человека: при суточных дозах более 200 мкг может произойти отравление, а если доза превысит 3 г, то возможен и летальный исход [3].

Отходы НЗХС содержат крайне опасные для природы и человека соли хромовой кислоты, в частности хромат кальция. Отходы производства – это часть сырья, неиспользованная или недоиспользованная по тем или иным причинам. Проблема комплексного использования сырья имеет большое значение как с точки зрения экологии, так и с точки зрения экономики. Необходимость более рационального комплексного использования природных ресурсов диктуется, с одной стороны, все увеличивающимся темпом роста объема промышленного производства, загрязняющего окружающую

щую среду, а с другой – необходимостью экономного расходования природных ресурсов, так как запасы основного минерального сырья ограничены, а цены на него непрерывно растут.

Рациональное комплексное использование сырья позволяет уменьшить количество недоиспользованного сырья, увеличить ассортимент готовых продуктов, выпускать новые продукты из той части сырья, которая раньше являлась отходом производства [4].

Еще одна проблема химического производства – высокая энергоемкость. Поэтому на пути создания малоотходной технологии следует снижать энергоемкость [5].

Известны способы получения монокромата натрия путем окислительной прокатки шихты, состоящей из хромитовой руды, кальцинированной соды и наполнителя. Существует несколько принципиальных подходов к выбору наполнителя.

В качестве наполнителя возможно использовать доломитно-шламовый наполнитель с последующим выщелачиванием полученного спека. Недостатком данного метода является необходимость дополнительной очистки монокромата от примесей, что повышает энергоемкость метода [6].

Существует способ получения монокромата натрия с использованием доломитового наполнителя [7]. Недостатком метода является необходимость очистки монокромата от соединений кальция, что повышает энергоемкость. Высокое содержание соды в шихте при окислительной прокатке шихты приводит к образованию настывов (колец) в трубчатых печах и остановке работы печей.

Другие исследователи в качестве наполнителя предлагают использовать известково-шламовый наполнитель с последующим двухстадийным выщелачиванием полученного спека обратными растворами, фильтрацией и очисткой фильтрата от примесей алюминия. Недостатком метода является то, что потери хрома составляют 10–20%, а степень извлечения хрома не достигает 90% [8].

До 2014 года на НЗХС осуществлялась доломитная технология производства монокромата натрия. Ко всем недостаткам этой технологии следует отнести образование большого количества шлама (отхода производства) – 2,5 т на 1 т монокромата.

Поэтому специалистами завода была разработана инновационная бездоломитная технология получения монокромата натрия. Изобретение относится к области получения соединений хрома. Способ получения монокромата натрия включает окислительную прокатку шихты, состоящей из хромитовой руды, кальцинированной соды и наполнителя, и последующее выщелачивание полученного спека, фильтрацию пульпы и отмывку

шлама. При этом в качестве наполнителя шихты используют магнезитовый или магнезитово-шламовый наполнитель. Изобретение позволяет упростить получение монокромата натрия за счет снижения плавкости шихты и содержания шестивалентного хрома в отбросном шламе, исключения операции очистки монокроматных щелоков от соединений кальция и образования отложений карбоната кальция на поверхности оборудования и трубопроводов, а также повысить чистоту монокромата натрия. [9].

### Основная часть

В настоящее время ОАО «НЗХС» является одним из крупнейших предприятий, производящих хромовые соединения, не только на пространстве СНГ и Таможенного Союза, но и на мировой арене.

Продукция находит спрос в различных производственных направлениях.

На предприятии организован законченный цикл производства хромовых соединений, начиная от переработки хромовой руды в полупродукт – монокромат натрия, заканчивая получением металлического хрома высокой чистоты.

Производство раствора монокромата натрия является основополагающим, т.к. из данного

раствора производятся конечные хромосодержащие продукты, такие как окись хрома, бихромат натрия, ангидрид хромовой кислоты, пигменты и т.д.

Начало производства монокромата натрия осуществляется предприятием с момента его образования в 1963 г. Начиная с этого времени производственный коллектив предприятия постоянно проводит работу по совершенствованию технологии производства монокромата натрия. Во времена СССР данная работа проводилась совместно со специализированным институтом УНИХИМом, в настоящее время, к сожалению, коллектив предприятия в одиночку проводит существенные исследовательские и модернизационные работы.

Традиционно технология производства монокромата натрия предусматривает использование доломита в составе шихты, который оказывает двойное действие:

- химическое: связывает кислотные оксиды хромовой руды окисью кальция;
- физическое: образует инертный скелет, тем самым предотвращая сплавление и обеспечивая газопроницаемость прокаливаемой массы.

Производство монокромата натрия схематично изображено ниже.

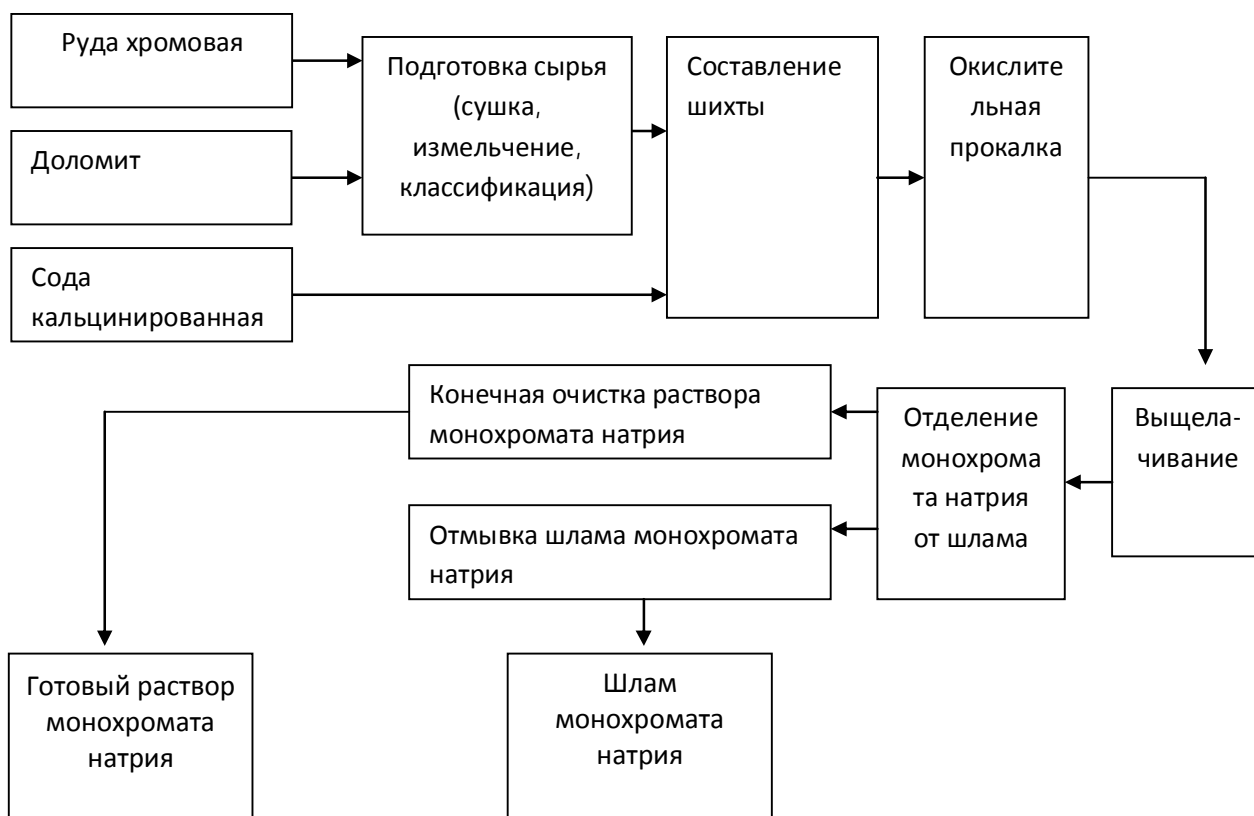


Схема производства монокромата натрия

В 2014 г. предприятием осуществлен переход на бездоломитную технологию получения монокромата натрия, которая подразумевает отказ от инертного наполнителя за счет повторного использования нерудного остатка. За основу реализованной технологии взяты разработки [8], усовершенствованные специалистами завода.

Данная технология, по сравнению с консервативной, является технологией нового уровня, значительно превосходит ее в таких показателях, как энергоэффективность, экологичность, себестоимость при получении продукции. Также технология, разработанная инженерно-техническими специалистами ОАО «НЗХС», позволяет работать на хромосодержащем сырье практически всех мировых производителей, включая низкохромистые руды и концентраты. Так, начиная с 2014 г. для обеспечения потребности предприятия на постоянной основе осуществляются поставки хромовой руды южноафриканского месторождения наряду с прежними поставщиками.

Переход на новую технологию при производстве монокромата натрия позволил снизить себестоимость продукции по следующим причинам:

- отсутствие необходимости приобретения доломита и известняка (для нужд производства в год приобреталось до 160 тыс. т данного сырья);
- снижение энергозатрат и технических затрат на обслуживание оборудования при сушке и измельчении доломита (табл. 1);
- снижение потерь хрома с отходом производства – шламом монокромата натрия, ввиду лучшей степени извлечения хрома из руды при использовании данной технологии, а следовательно, и снижение нормы расхода хромовой руды на производство (табл. 2).

- снижение платы за негативное воздействие за размещение отхода – шлама монокромата.

**Таблица 1**  
**Динамика энергозатрат в производстве монокромата**

Период		Объем производства монокромата натрия, т	Удельное потребление природного газа, Гкал / на 1 т монокромата натрия
2014 г.	1 квартал	12 121	5 525,74
	2 квартал	12 767	6 237,94
	3 квартал	14 913	5 471,49
	4 квартал	16 521	5 259,41
	Всего	56 322	5 594,69
2015 г.	1 квартал	16 044	5 342,36

Таким образом, в результате внедрения бездоломитной технологии удалось снизить удельное потребление природного газа на 252,33 Гкал/т, что составило 4,5% по сравнению с 2014 годом. Расчет на годовую мощность показывает экономию свыше 13,87 млн Гкал/год.

**Таблица 2**

**Динамика потерь хрома с отходами производства**

Период	Используемое сырье	Образование шлама, т	Содержание хрома валового в шламе, %	Потери хрома в шламе, т
2014 г.				
1 квартал	Доломит, хромовая руда	17 158,3	4,9	840,8
	Хромовая руда	8 333,8	6,55	545,9
	<b>Всего за 1 квартал</b>	<b>25 492,1</b>		<b>1 386,7</b>
2 квартал	Доломит, хромовая руда	8 708	4,9	426,7
	Хромовая руда	10 155,2	6,25–6,55	659,6
	<b>Всего за 2 квартал</b>	<b>18 863,2</b>		<b>1 086,3</b>
3 квартал	Доломит, хромовая руда	25 853,7	4,9	1 266,8
	Хромовая руда	3 060,9	6,25–6,55	192,4
	<b>Всего за 3 квартал</b>	<b>28 914,6</b>		<b>1 459,2</b>
4 квартал	Доломит, хромовая руда	11 350,0	4,9	556,2
	Хромовая донская руда	11 542,8	6,25–6,55	751,1
	<b>Всего за 4 квартал</b>	<b>22 892,8</b>		<b>1 307,3</b>
	<b>ИТОГО за 2014 г.</b>	<b>96 162,7</b>		<b>5 239,5</b>
2015 г. 1 квартал	Хромовая руда	14 994,0	6,5	979,2648

Бездоломитная технология повлияла на существенное снижение образования токсичного шлама и потерь хрома в отходах производства. Так, по сравнению с 2014 годом образование шлама сократилось в среднем на 9046 т/квартал (на 37,6%). Потери хрома уменьшились на 330,6 т/квартал (на 25,2%).

Наряду с явной экономической выгодой от перехода на бездоломитную технологию нельзя недооценивать экологический эффект мероприятия.

Основным положительным моментом отказа от применения доломита является снижение нормы выхода шлама с 2,5 до 1,1 т на тонну монокромата, а значит, и снижение объемов размещения отходов в шламонакопителе. Таким образом, снижается негативное воздействие на территорию г. Новотроцка. Кроме того, использование сухого шлама в производстве монокромата натрия позволяет снизить остаточное содержание хрома в конечном шламе.

Необходимо отметить прекращение выбросов загрязняющих веществ от переделов производства, ранее ориентированных на применение



доломита, – разгрузка и хранение сырья, его дробление и сушка. Вновь введенные источники выбросов (связанные с сушкой промежуточного шлама) оборудованы новейшими газоочистными установками. Сравнительные данные (табл. 3) показывают, что с увеличением объема производства монокромата натрия на 32,4% суммарный объем твердых выбросов снизился на 13,5%.

**Таблица 3**  
**Изменения объема выбросов**  
**в процессе производства монокромата натрия**

Наименование параметра	Объем производства монокромата натрия, т	Удельный выброс загрязняющих веществ при производстве 1 т продукции, т/т	Твердые загрязняющие вещества, т
1 квартал 2014	12 121	0,0026	31,51
1 квартал 2015	16 044	0,0017	27,27

### Выводы

В целом, переход на бездоломитную технологию позволил не только провести реконструкцию действующего производства, но и открыл перспективы дальнейшего развития, такие как более полное извлечение полезных компонентов из шлама и перевод его в готовую продукцию доказывает возможность реализации основных принципов рационального природопользования и перехода к устойчивому развитию на предприятии химической промышленности.

### Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области. Экологический мониторинг [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области. URL: <http://mpr.orb.ru/ecology/129.html> (дата обращения: 15.06.2015).
2. Справочник аналитика: ПДК воздуха населенных мест [Электронный ресурс]. URL: <http://ecmoptec.ru/pdknasrest> (дата обращения: 15.06.2015).
3. Химия, технология и применение соединений хрома и сульфидных солей (материалы Всесоюзного совещания по перспективам развития производств хромовых соединений и сернистого натрия) / под ред. К.В. Ткачева, В.Р. Sereda; Уральский научно-исследовательский химический институт. Новотроицк, 1975.
4. Мацнева Е.А., Магарил Е.Р. Оценка критериев экологической безопасности для определения уровня устойчивости промышленного предприятия // ЭкиП. 2013, февраль. С. 54–57.
5. Экологическая политика ОАО «Новотроицкий завод хромовых соединений» [Электронный ресурс]. Официальный сайт ОАО «НЗХС». URL: [http://nzhs.ru/?page\\_id=2459](http://nzhs.ru/?page_id=2459) (дата обращения: 15.06.2015).
6. Рябинин В.А. и др. // Труды УНИХИМ. 1967. Вып. XVI.
7. А.с. 2281250 Российская Федерация, МПК C01G37/14. Способ получения монокромата натрия / Пивуев В.Я. (РФ). Заявл. 02.03.2004; опубл. 10.08.2006.
8. Авербух Т.Д., Павлов П.Г. Технология соединений хрома. Изд. 2-е, испр. Л.: Химия, 1973. 336 с.
9. Пат. 2466097 Российская Федерация, МПК C01G37/14. Способ получения монокромата натрия / Марамыгин В.Л., Измалкин В.И., Граф В.Э., Бородин А.В., Гущенко В.А., Дубинин А.В.; заявитель и патентообладатель Новотроицкий завод хромовых соединений.
10. Васильев А.В., Терещенко Ю.П., Хамидуллова Л.Р. Оценка токсикологических загрязнений биосферы на основе балльно-рейтингового ранжирования // ЭкиП. 2013, февраль. С. 46–48.
11. Салахова Р.К., Семеновичев В.В. Особенности хромирования в электролитах на основе соединений трехвалентного хрома с применением наноразмерных частиц оксида циркония // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4–3.
12. Оценка экологического состояния Магнитогорского водохранилища и динамика изменения основных показателей его загрязнения / Черчинцев В.Д., Волкова Е.А., Серова А.А., Романова Е.Ю. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 2. С. 63–65.
13. Черчинцев В.Д., Кошкина В.С., Антипова Н.А. Влияние шлаковых отвалов на экосистемы Южного Урала // ЭкиП. 2010, февраль. С. 52–54.
14. Тяжелые металлы в компонентах экосистем промышленных регионов с развитой металлургической промышленностью / Янтурин С.И., Кукина Г.Ш., Боброва О.Б., Черчинцев В.Д. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 127 с.

Материал поступил в редакцию 20.10.15.

### INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-124-129

## ENVIRONMENTAL ASPECTS OF IMPLEMENTATION OF RESOURCE- SAVING DOLOMITE-FREE TECHNOLOGIES OF SODIUM MONOCHROMATEE PRODUCTION AT NOVOTROITSK PLANT OF CHROMIUM COMPOUNDS

**Cherchintsev Vyacheslav Dmitrievich** – D.Sc. (Eng.), Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: [eco\\_safe@magtu.ru](mailto:eco_safe@magtu.ru).

**Nefedova Yevgeniya Viktorovna** – Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor, Novotroitsk branch of the National University of Science and Technology MISiS, Novotroitsk, Russia. E-mail: [russkisever@rambler.ru](mailto:russkisever@rambler.ru).

**Kozlov Alexander Sergeevich** – head of production and the technical department of "Novotroitsk plant of chromium compounds" Open Joint Stock Company, Novotroitsk, Russia. E-mail: [post@nzhs.ru](mailto:post@nzhs.ru).

**Abstract.** This article presents the results of the energy saving and efficient use of resources upon implementation of innovative technologies at the Novotroitsk plant of

chromium compounds (NPCC).

**Research hypothesis.** A dolomite-free technology is more attractive from economic and environmental perspec-

tives if compared with a conventional technology of sodium monochromate production.

**Research objective:** to calculate energy consumption, chrome losses and pollution emission dynamics when producing sodium monochromate at NPCC.

**Research methods:** analysis of statistics.

It was NPCC specialists who have developed a dolomite-free sodium monochromate production technology based on research by T. Averbukh and P. Pavlov. The technology implies refusal of an inert filler by means of reuse of non-metallic residues.

The article demonstrates that a transition to the new technology has made it possible to achieve the following results:

- to reduce the cost of production due to the fact that there was no need to purchase dolomite and limestone (160,000 tonnes of raw materials per year would be purchased for production needs),

- to reduce energy consumption and equipment maintenance costs when drying and grinding dolomite,

- to reduce chrome losses with production wastes - sodium monochromate sludge,

- and, consequently, to decrease the chrome ore consumption rate for production.

Calculations performed in the work showed that the specific consumption of natural gas for the 1st quarter of 2015 decreased by 252.33 Gcal / t. Calculations of the annual capacity showed savings of over 13.87 million Gcal / year. The dolomite-free technology has affected a dramatic reduction in toxic sludge formation (by 9,046 tonnes / quarter - 37.6%) and chrome losses in production wastes (by 330.6 tonnes / quarter - 25.2%).

The environmental effect from the dolomite-free technology implementation has been calculated. The effect lies in the fact that the sludge output rate has reduced from 2.5 to 1.1 tonnes per tonne of monochromate, which means reduction in the volume of waste disposal in a sludge collector. Cessation of pollution emissions from dolomite-oriented production processing stages such as unloading, storage, grinding and drying of raw materials has shown that the total volume of solid emissions decreased by 13.5% with increasing sodium monochromate output by 32.4%.

In general, the transition to the dolomite-free technology proves the feasibility of basic principles of sustainable use and a transition to sustained development in the chemical industry. The results presented in the work show that, if compared to existing technology, the dolomite-free technology greatly excels in such characteristics as energy efficiency, environmental friendliness, cost of production. The technology also supports chromium-containing raw materials of almost all global manufacturers, including low chrome ores and concentrates.

**Keywords:** Chrome, sodium monochromate, resource-saving technologies, sludge, energy consumption.

## References

1. State report on the state and protection of the environment of the Orenburg region / Environmental monitoring [electronic resource]. The Ministry of Natural Resources, Environment and Property Relations of the Orenburg region URL: <http://mpr.orb.ru/ecology/129.html> (access date: 06.15.2015).
2. Analyst guide: MAC in the air of populated areas. Electronic resource. URL: <http://ecmoptec.ru/pdknasmest> (access date: 06.15.2015).
3. Khimiya, tekhnologiya i primeneniye soedineniy khroma i sulfidnykh soley (materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po perspektivam razvitiya proizvodstv khromovykh soedineniy i sernistogo natriya) / pod red. K. V. Tkacheva, B. P. Sereda; Ural'skiy nauchno-issledovatel'skiy khimicheskij institut [Chemistry, technology and the use of chromium compounds and sulfide salts (proceedings of the all-Union meeting on the development prospects of production of chromium compounds and sodium sulfide). Ed. K.V. Tkachev, B.P. Sereda, Ural Scientific Research Institute of Chemistry]. Novotroitsk, May, 1975.
4. Matsneva E.A., Magaril E.R. Evaluation of environmental safety criteria to determine sustainability of an industrial enterprise. EkiP, February, 2013, pp. 54–57.
5. Environmental policy of the Novotroitsk plant of chromium compounds Open Joint Stock Company [electronic resource]. NPCC official website URL: [http://nzhs.ru/?page\\_id=2459](http://nzhs.ru/?page_id=2459) (access date: 06.15.2015).
6. Ryabinin V.A. and colleagues. Trudy UNIKHIM [Transactions of UNIKHIM], iss. XVI, 1967.
7. Pivvuv V.Ya. Sposob polucheniya monokhromata natriya [Sodium monochromate production]. A.s. 2281250 RF, 2004.
8. Averbukh T.D., Pavlov P.G. Tekhnologiya soedineniy khroma [Technology of chromium compounds]. Leningrad: Chemistry, 1973. 336 p.
9. Maramyguin V.L., Izmailkin V.I., Graf V.E., Borodin A.V., Gushchenko V.A., Dubinin A.V. Sposob polucheniya monokhromata natriya [Sodium monochromate production] Patent 2466097 RF.
10. Vasiliev A.V., Tereshchenko Yu.P., Khamidullova L.R. Evaluation of toxicity biosphere pollutions based on point-rating ranking. EkiP, February, 2013, pp. 46–48.
11. Salakhova R.K., Semionychiev V.V. Specifics of chrome plating in electrolytes based on trivalent chromium compounds using nano-sized zirconium oxide particle. Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2012, vol. 14, no. 4–3.
12. Cherchintsev V.D., Volkova E.A., Serova A.A., Romanova E.Yu. Assessment of environmental conditions of the Magnitogorsk water basin and basic contamination indicators dynamics. Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2014, no. 2, pp. 63–65.
13. Cherchintsev V.D., Koshkina V.S., Antipova N.A. Impact of slag dumps on ecosystems of the Southern Urals. EkiP, February, 2010, pp. 52–54.
14. Yanturin S.I., Kuzhina G.S., Bobrova O.B., Cherchintsev V.D. Tyazhelaye metally v komponentakh ehkosisistem promyshlennykh regionov s razvitoj metallurgicheskoy promyshlennost'yu [Heavy metals in the ecosystem components of industrial regions with a developed metals industry]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2015. 127 p.

Черчинцев В.Д., Нефедова Е.В., Козлов А.С. Экологические аспекты внедрения ресурсосберегающей бездоломитной технологии производства монокромата натрия на Новотроицком заводе хромовых соединений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. №1. С. 124–129. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-124-129

Cherchintsev V.D., Nefedova Ye.V., Kozlov A.S. Environmental aspects of implementation of resource-saving dolomite-free technologies of sodium monochromate production at Novotroitsk Plant of Chromium Compounds. Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2016, vol. 14, no. 1, pp. 124–129. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-124-129