



# Анализ природоохранной деятельности предприятий горно-металлургической отрасли на примере Череповецкого комбината ПАО «Северсталь»

*В.С. Зайцев*

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
119049, Москва Ленинский просп., д. 4

**Аннотация.** Проведен подробный анализ принимаемых мер по охране окружающей среды и эффективности природоохранных мероприятий, осуществляемых на Череповецком металлургическом комбинате, в зоне влияния которого находится особо охраняемая природная территория международного значения Дарвинский природный биосферный заповедник. Показано, что проведенные мероприятия охватывают все необходимые сферы для снижения негативного воздействия металлургического комбината на экосистемы и здоровье населения в соответствии с современной мировой практикой, а именно: определение основных загрязняющих веществ и мониторинг их выбросов; мероприятия по модернизации производственного оборудования в целях снижения сбросов загрязненных сточных вод, выбросов в загрязняющих веществ атмосферу, загрязнения почв; мероприятия по безопасному размещению и утилизации отходов производства; разносторонний мониторинг окружающей среды в зоне воздействия комбината. В результате проведенных мероприятий произошло существенное снижение выбросов предприятия, уменьшение водопотребления и степени загрязнения сточных вод и почв. Анализ данных независимого мониторинга окружающей среды показал высокую эффективность природоохранных мероприятий, проводимых в разные годы на Череповецком металлургическом комбинате. По результатам исследований и собственной выездной работы в Дарвинском заповеднике, было отмечено улучшение состояния окружающей среды в окрестностях комбината, в том числе, улучшение общего состояния экосистем заповедника. В основном положительная динамика состояния природной среды имеется по следующим показателям: улучшение качества воздуха в городе Череповце за последние 5 лет, уменьшение содержания загрязняющих веществ в почвах и растительном покрове на территории Дарвинского заповедника.

**Ключевые слова:** Череповецкий металлургический комбинат, металлургическая промышленность, загрязнение, экосистемы, природоохранные мероприятия, мониторинг окружающей среды

## Analysis of environmental activities of mining enterprises on the example of PAO Severstal

*V.S. Zaitsev*

National University of Science and Technology MISiS,  
4 Leninsky Prospect, Moscow 119049, Russia

**Abstract.** The authors analyzed the environment protection measures and effectiveness of the environmental activities at Cherepovets iron and steel works which is situated vitally close to the specially protected natural area of international importance Darwin Nature Reserve. They show that the measures taken cover all essential issues to decrease the negative impact of the iron and steel works on the local ecosystems and human health according to the modern world practice. The measures include defining the basic pollutants and monitoring their release, modernizing manufacturing equipment to reduce contaminated wastewater discharges, air and soil pollution, safe disposal of industrial waste and diversified monitoring of the local environment. The above mentioned activities resulted in significant reduction of industrial waste, reduced water consumption and decrease in wastewater and soil pollution. After analyzing data of the independent monitoring of the environment the authors noted high efficiency of environment protection activity carried out in different

years at Cherepovets iron and steel works. The results of the studies and the authors' field research in Darwin nature resort showed improvements in the environmental conditions in the local area including improvement of the general state of the nature resort's ecosystems. The state of the environment has basically improved, for example, in the past 5 years the air in Cherepovets has become cleaner, the pollutant content in soil and vegetation in Darwin nature resort area has also reduced.

**Keywords:** Cherepovets iron and steel works, metallurgy industry, pollution, ecosystems, environment protection measures, monitoring of the environment

**For citation:** Zaitsev V.S. Analysis of environmental activities of mining enterprises on the example of PAO Severstal. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2020. Vol. 13. No. 2. Pp. 244–256. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2020-2-244-256

## 切列波韦茨联合企业为例，分析采矿和冶金行业企业的环保活动

V.S. 扎伊采夫

国立研究技术大学莫斯科钢铁合金学院，119049, 列宁斯基大街4号

简评. 对在切列波韦茨冶金厂采取的环保措施及有效性进行了详细分析，其影响区是具有国际重要意义的特殊自然保护区，达尔文自然生物圈保护区。事实表明，按照现代世界惯例所采取的措施涵盖了所有必要的领域，以减少冶金厂对生态系统和人类健康的负面影响，即：确定主要污染物并监测其排放；生产设备现代化的措施，减少污染废水的排放，向大气污染物质的排放，土壤污染；安全处置工业废物的措施；在工厂影响范围内进行全面的环境监测。由于采取了这些措施，企业的排放量大大减少，用水量减少，废水和土壤的污染程度也大大降低。对独立环境监测数据的分析表明，切列波韦茨冶金厂在不同年份实施的环境保护措施效率很高。根据研究结果和他们在达尔文保护区的现场工作，发现该冶金厂附近的环境有所改善，包括该保护区生态系统的总体状况有所改善。基本上，环境状况的积极变化表现在以下指标中：过去5年中切列波韦茨市的空气质量改善，达尔文保护区的土壤和植被中污染物的含量减少。

**关键词：**切列波韦茨冶金厂，冶金工业，污染，生态系统，环保措施，环境监测

### Введение

Предприятия, осуществляющие хозяйственную или иную деятельность, согласно Российскому экологическому законодательству, обязаны разрабатывать планы природоохранных мероприятий, обеспечивать допустимые уровни загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов, а также организовать места временного накопления отходов, своевременный вывоз твердых бытовых отходов (ТБО) с территории. В настоящее время особое внимание уделяется перспективам развития предприятий в направлении снижения уровня загрязнения окружающей среды. План действий, в котором прописаны сроки исполнения и учтены возможности его исполнения в области охраны

окружающей среды и рационального использования природных ресурсов называется экологической стратегией предприятия.

Опираясь на основной законодательный акт «Конституцию Российской Федерации», Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [1], а также на основные нормативно-правовые акты в области регулирования отношений между человеком и природой, предприятия отслеживают негативные изменения в технологическом процессе, приводящие к нанесению ущерба природе. В целях предотвращения отрицательного воздействия на окружающий мир вследствие аварийных ситуаций на производстве, преждевременного износа оборудования в ходе неправильной эксплуатации, разрабатывается программа

производственного контроля, отслеживающая изменения концентраций вредных веществ в выбросах в атмосферный воздух, сбросах в водные объекты [1–3].

Помимо негативного воздействия на атмосферный воздух и водные объекты также необходимо отслеживать объемы отходов производства, образующихся в ходе производственной деятельности, и обеспечивать их правильное хранение в соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ [3], а также иными нормативными актами, методиками, техническими регламентами.

Основными отраслями промышленности, которые вносят наибольший вклад в выбросы и сбросы загрязняющих веществ являются предприятия черной и цветной металлургии. Ведущее место по производству стали и экспорту продукции на мировой рынок занимает Череповецкий металлургический комбинат (далее – ЧерМК), принадлежащий ПАО «Северсталь».

Важной особенностью расположения ЧерМК является наличие в зоне влияния предприятия особо охраняемой природной территории (ООПТ) с международным статусом: Дарвинского биосферного резервата ЮНЕСКО [4]. По этой причине мониторинг окружающей среды, оценка воздействия на нее ЧерМК, а также мероприятия по снижению ущерба особенно важны, в том числе, для сохранения уникальных экосистем заповедника.

Целью данного исследования был анализ принимаемых мер по охране окружающей среды и эффективности природоохранных мероприятий, осуществляемых металлургическим предприятием Череповецким металлургическим комбинатом ПАО «Северсталь».

### Материалы и методы

Для анализа были использованы данные имеющиеся в литературных источниках мониторинговые данные ПАО «Северсталь» о воздействии ЧерМК на окружающую среду и ее состоянии. Данные государственного мониторинга состояния окружающей среды в г. Череповце, Череповецком районе Вологодской области, экосистемах Дарвинского заповедника за разные годы с 1957 г. по настоящее время, охвачены разные периоды работы ЧерМК. Кроме того, использованы материалы исследований специалистов, проводивших работы на территории заповедника, акваториях Рыбинского водохранилища и впадающих водотоков, а

также в г. Череповце и его окрестностях в период существования ЧерМК [4–11]. Помимо этого использованы данные собственной выездной работы по оценке общего состояния экосистем Дарвинского заповедника в 2017 г.

### Результаты

Череповецкий металлургический комбинат находится в городе Череповце Вологодской области (Россия), входит в состав компании ПАО «Северсталь» и является вторым по величине сталелитейным комбинатом России. Сырье для обеспечения производственного процесса доставляется с Кольского полуострова с горно-добывающего предприятия АО «Олкон», железнодорожным транспортом. К югу от ЧерМК на расстоянии 200 м протекает р. Шексна, с организованным в верхнем течении Шекснинским водохранилищем, с востока располагается Северный район г. Череповца, который, как и Индустриальный (юг г. Череповца) попадает по зону сильного влияния ЧерМК в период НМУ (неблагоприятных метеорологических условий). С севера и с северо-востока от ЧерМК расположены сельскохозяйственные угодья, с запада в 300 м от него протекает р. Кошта, с северо-западной стороны находится промышленная площадка завода «Азот». За р. Кошта располагается шламонакопитель № 2, а также отвалы пустой породы и мусора, которые граничат с юга с железно-дорожной станцией Кошта, а с севера и северо-запада – с промплощадкой химзавода. С северо-восточной стороны от шламонакопителя расположен населенный пункт Новые Углы.

ПАО «Северсталь» ЧерМК основан в 1955 г. Комбинат является объектом негативного воздействия на окружающую среду 1 категории и специализируется на производстве стали, которая в дальнейшем используется для производства проката в виде листовой и сортовой продукции, включая горяче- и холоднокатанный лист, плиты, рулоны, горячекатанные профили, холодноштампованную фасонную сталь и трубы. Комбинат представляет собой комплекс цехов, обеспечивающих полный цикл производства стальной продукции. Развитие ЧерМК, как металлургического комбината происходило в несколько этапов, наиболее важные из них, возможно проследить по годовым отчетам ПАО «Северсталь». С 1955 по 1958 гг. были получены на комбинате первый чугуны и первая сталь, далее всего за 25 лет с учетом введения в эксплуатацию стана «1700», непрерывно-заготовочного стана «700», проведения комплекс-



Рис. 1. Общая схема производства на Череповецком металлургическом комбинате ПАО «Северсталь» [General production scheme at the Cherepovets Metallurgical Plant of PAO Severstal]

ного опробования первого сорто-прокатного стана «250» в 1983 г. получена 100-миллионная тонна череповецкого чугуна [12]. Общая производственная мощность комбината составляет около 12 млн т стали в год. Процесс производства стали представлен на схеме (рис. 1); ассортимент выпускаемой продукции также показан в виде схемы на рис. 2.

ЧерМК осуществляет сброс загрязняющих веществ в водный объект (р. Кошта) через очистные сооружения биохимической очистки сточных вод (коксохимпроизводство) объекты «грязных» оборотных циклов водоснабжения, обсуживающие доменный, листопрокатный, электросталеплавильный цеха, горизонтальный и радиальный отстойники. Также предприятие осуществляет выбросы загрязняющих веществ и пыли в воздух.

Анализ литературы показывает, что влияние ЧерМК на окружающую среду различалось в разные периоды. На первых этапах развития предприятия в заповеднике не отмечено значимого влияния на экосистемы, а основное внимание уделяется перестройке экосистем Молого-Шекснинской низменности после затопления при образовании Рыбинского водохранилища после полного затопления в 1947 г. [5, 6]. Однако по мере нарастания объемов производства, влияние ЧерМК на экосистемы постепен-

но увеличивалось. С 1980-х гг. специалисты озаботились данной проблемой уже всерьез, поскольку было отмечено негативное влияние не только на основные водные объекты (водотоки и воды Рыбинского водохранилища) и почвы вблизи комбината и г. Череповце, но и на экосистемы Дарвинского заповедника, в первую очередь, за счет загрязнения воздуха и формирования кислотных осадков [13, 14]. В 1990-х и вплоть до начала 2000-х гг. уровень загрязнения окружающей среды в районе ЧерМК оставался высоким, создавая крайне неблагоприятную обстановку в городе Череповце и его окрестностях, а также на территории заповедника [8, 10, 14, 15].

Для разработки природоохранных мероприятий необходимо было выявить маркерные вещества исходя из технологического процесса ПАО «Северсталь».

Показано, что основными источниками воздействия на окружающую среду являются: коксохимпроизводство (углеподготовительный цех, коксовые цеха (коксовые батареи), цеха переработки химических продуктов, смолеперерабатывающий цех, цех биохимической очистки сточных вод), углеподготовительный цех (сушильные агрегаты, гаражи размораживания, вагоноопрокидыватели, закрытый и открытый склады угля, отделения предвари-

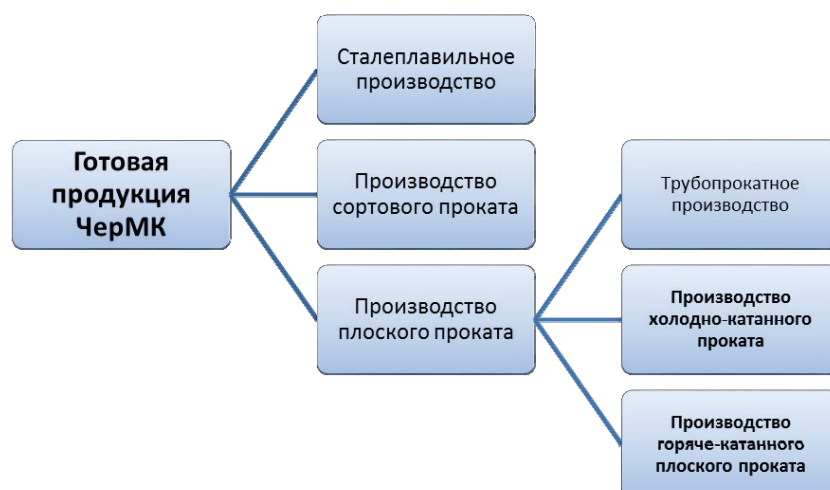


Рис. 2. Готовая продукция ПАО «Северсталь» (общая схема)  
[Finished products of PAO Severstal (general scheme)]

тельного и окончательного дробления, перегрузочные узлы, конвейерные тракты), агломерационное производство (агломашины, шихтоперерабатывающий цех), доменное производство (5 доменных печей), сталеплавильное производство, производство горячего проката (нагревательные печи, трубоэлектросварочный аппарат), сортопрокатное производство (дымовые трубы, прокатные станки), отделение шлакопереработки (открытые склады, автотранспорт, посты газовой резки), цех управления главного энергетика (устройства для сжигания избыт-

ков доменного газа, отделение по переработке ртутных ламп, устройства грязного оборотного цикла газоочисток доменных печей), управление обеспечения и комплектации [11]. Состав выбросов от различных цехов представлен в табл. 1.

Металлургическое производство является мощным агентом загрязнения окружающей среды. Однако благодаря тому, что на ЧерМК применялись все необходимые технологии по снижению выбросов, нейтрализации отходов и прочих видов негативного воздействия, в

Состав выбросов в атмосферный воздух ЧерМК ПАО «Северсталь» [The composition of emissions into the air CherMK PAO Severstal]			Таблица 1
№ п/п	Наименование цеха	Наименование загрязняющего вещества	
1	Коксохимпроизводство	Оксиды азота, аммиак, цианистый водород, сажа, диоксид серы, сероводород, сероуглерод, оксид углерода, циклопентадиен, бензол, 1,2,4-триметилбензол, бенз/а/пирен, 2-метилнафталин, нафталин, инден, трикрезол, фенол, формальдегид, бензин нефтяной, керосин, пыль неорганическая до 20% SiO <sub>2</sub>	
2	Агломерационное производство	Оксид углерода, оксиды азота, диоксиды серы, бенз/а/пирен	
3	Доменное производство	Оксид углерода, оксиды азота, диоксиды серы, бенз/а/пирен, пыль	
4	Сталеплавильное производство	Оксид железа, марганец и его соединения, оксид никеля, оксид хрома 6+, оксиды азота, серная кислота, сажа, оксид углерода, диоксид серы, фториды газообразные и плохо растворимые, бензин нефтяной, керосин, бенз/а/пирен, мазутная смола, пыль неорганическая до 20% SiO <sub>2</sub> , пыль неорганическая 70–20% SiO <sub>2</sub>	
5	Производство горячего проката	Оксиды азота, оксид углерода, бенз/а/пирен	
6	Сортопрокатное производство	—	
7	Производство холодного проката	Карбонат натрия, фосфат натрия, гидроксид натрия, оксиды азота, оксид углерода, бенз/а/пирен	
8	Отделение шлакопереработки	пыль неорганическая до 20% SiO <sub>2</sub>	
9	Цех управления главного энергетика	Оксид углерода, оксиды азота, диоксиды серы, бенз/а/пирен, пыль	
10	Управление обеспечения и комплектации	Пыль ферросплавов, оксид углерода, оксиды азота, минеральное масло, пыль магнезия, бенз/а/пирен	
11	Шламонакопители	Формальдегид, углеводород, пары бензолов и фенола	

2001 г. ОАО «Северсталь» был вручен сертификат соответствия международному стандарту ИСО 14001 по управлению окружающей средой, а в 2006 г. вручен сертификат соответствия Системы управления окружающей средой новой версии международного стандарта ISO 14001-2004 [12].

Для снижения неблагоприятного воздействия ЧерМК на окружающую среду в 2006 г. ПАО «Северсталь» провело такие мероприятия, как реконструкция доменной печи № 5 и коксовой батареи № 3. В результате реконструкции доменной печи № 5 снижение валовых выбросов в атмосферу составило 1099 т/г за счет предотвращения утечки доменного газа и пыли в атмосферу, в результате реконструкции предусматривается переработка промышленных отходов (доменного шлака) в кирпич с последующей реализацией. Запущена замкнутая система оборотного водоснабжения без сброса сточных вод в водоем.

В 2012 г. стартовала государственная программа, инициированная правительством Вологодской области, «Охрана окружающей среды, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов на 2013–2020 гг.», в рамках которой работает в настоящее время ЧерМК вместе с другими предприятиями г. Череповца [9–11].

Сотрудники ЧерМК также активно проводят мероприятия по просвещению населения в сфере охраны природы, озеленению города, уборке твердых отходов и т.д., а основные цели национального проекта «Экология», стартовавшего в 2018 г., активно выполняются уже в настоящее время [12].

Кроме того, в период с 2007 по 2016 гг. ПАО «Северсталь» проводило акцию «Чистый город», целью которой являлось улучшение обстановки в г. Череповце. Был проведен ряд мероприятий по охране атмосферного воздуха, такие как модернизация газоочистительных систем трех нафталиновых прессов, модернизация газоочистительной системы подачи воздуха на центральном пункте складирования ферросплавов (табл. 2), что позволило сократить выбросы пыли ферросплавов на 14,5 т, нафталина на 8,6 т, диоксида углерода на 1 млн т в год. В 2011 г. компанией SiemensVAIMetalsTechnologies введена в эксплуатацию современная система улавливания неорганизованных выбросов в процессе выплавки стали кислородно-конвертерным способом. Также установлены новые блоки рукавных фильтров, газоходы, компрессорная и трансформаторные станции, система пылеудаления.

К 2015 г. выбросы неорганической пыли из агломерационного производства после реконструкции газоочистки вращающейся печи в известково-доломитном цехе сокращены на 33 %, 28,4 т в год, на коксовой батарее № 7 реализована беспылевая выдача кокса – снижены выбросы пыли на 90 % [11].

Данные государственного мониторинга показывают постоянное снижение загрязнения воздуха в период, когда проводилась реконструкция на ЧерМК. С конца 1990-х гг. отмечена выраженная тенденция к снижению выбросов в воздух от стационарных источников загрязнения, где основная доля (по состоянию на 2001 г.) приходилось на выбросы предприятий г. Череповца и, в частности ЧерМК [8–10], также отмечено выраженное снижение степени загрязнения воздуха при непосредственных измерениях. Так, индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) в г. Череповце за последние 5 лет упал с 7,3 до 3 [10]. Все эти мероприятия и полученные результаты соответствуют одной из основных целей общероссийского Национального проекта «Экология», поставленной Президентом РФ, а именно: «Снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, среди которых числится г. Череповец [9, 12].

Также регистрируется улучшение качества воды водоемов на территории Дарвинского заповедника, водосборы которых находятся в пределах ООПТ и которые питаются атмосферными осадками. Улучшение качества воды в этих водных объектах связано с улучшением качества воздуха и уменьшения негативного влияния кислотных осадков [14, 15].

По данным экспертов ЧерМК, в 2007 г. был достигнут самый высокий показатель циклического использования воды в обороте производства за счет замкнутой системы водоснабжения, построены системы глубокой очистки сточных вод в цехе сортового проката, в 2011 г. ликвидированы два выпуска ливневых сточных вод, что позволило сократить сбросы на 200000 м<sup>3</sup>/год. Собранные ливневые воды используются в водооборотной системе, что позволяет снизить нагрузку на р. Кошту и Рыбинское водохранилище, что будет стимулировать процессы самоочищения воды [11].

В 2015 г. была завешена научно-исследовательская работа «Исследование существующего берегового сосредоточенного выпуска сточных вод ПАО «Северсталь» на экосистему р. Кошта, р. Шексна и Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища и оценка эколо-

гической эффективности его замены на рассеивающий выпуск». В 2016 г. в соответствии с результатами исследования, была проведена реконструкция единой фильтровальной станции, что совместно с другими мерами снизило концентрации загрязняющих веществ в стоке № 10 до допустимого уровня [11].

Несмотря на принятые меры, до 2016 г. тенденций к улучшению качества вод в близлежащих водотоках, и, в частности, р. Кошта, р. Шексна, а также Рыбинском водохранилище вблизи расположения цехов ЧерМК по результатам государственного мониторинга не наблюдалось [7–9, 17]. Качество вод оставалось на уровне 4–5 класса качества («грязные», местами «экстремально грязные»). Аналогичные данные были получены различными независимыми исследовательскими группами по результатам биоиндикации и биотестирования [18–20]. О неудовлетворительном состоянии вод говорит и прогрессирующее распространение инвазивных видов гидробионтов вследствие нарушения экологического равновесия в коренных водных экосистемах [21, 22]. И только в 2016 г. отмечена небольшая тенденция к улучшению качества вод в водотоках, однако непосредственно в зоне выпуска сточных вод ЧерМК на р. Кошта качество вод не улучшилось и остается на уровне 4А класса «грязные» [9, 10]. Тем не менее, несмотря на тот факт, что сточные воды ЧерМК являются одним из основных загрязнителей р. Кошта, ведущим источником загрязнения считаются сточные воды другого предприятия: АО «ФосАгро-Череповец» [17], поэтому для кардинального улучшения ситуации с качеством вод необходимо принятие совместных мер всеми основными предприятиями-загрязнителями города Череповца. Помимо непосредственного сброса точных вод в водотоки, загрязнение вод может вызывать проникновение загрязняющих веществ через почвы в горизонты грунтовых вод и их дальнейшая миграция в водные объекты [18]. Кроме того, существует вторичное загрязнение вод веществами, накопленными в донных отложениях [19, 21].

Результаты мониторинга почв в настоящее время свидетельствуют о том, что почвы имеют лишь локальное выраженное загрязнение на участках непосредственно примыкающих к ЧерМК, где одними из основных загрязнителей являются цинк и никель, в отдельных местах достигая 5–6 ПДК [9–11]. На территории Дарвинского заповедника, где также проводился мониторинг почв, выраженное загрязнение почв в настоящее время не отмечено, содержа-

ние в них различных загрязняющих веществ низкое и может быть оценено как фоновое [7, 16]. Выявленного накопления вредных веществ в растениях в последние годы также не обнаруживается [16, 24]. Отмечено улучшение общего состояния растительного покрова, в первую очередь лесных растительных сообществ, а также состояние популяций разных групп животных. Данный факт является следствием природоохранных мероприятий проводимых на ЧерМК, поскольку аналогичные металлургические предприятия, где подобные меры не принимаются, в зоне своего влияния вызывают тяжелые нарушения в функционировании экосистем, аккумуляцию загрязняющих веществ в растениях, миграцию поллютантов по пищевым сетям, вызывая гибель большинства компонентов экосистем [25, 26].

В области обращения с отходами I–V классов опасности ЧерМК предприняло решение о строительстве полигона промышленных отходов. Проектом строительства полигона промышленных отходов предусмотрены природоохранные мероприятия по снижению негативного воздействия на водные объекты (в том числе, организация экранированной водоотводной зоны), которые также можно рассматривать в качестве почвозащитных, так как их реализация обеспечит защиту почвы от загрязнения поверхностными сточными водами. Воздействие полигона промышленных отходов на почвенный покров прилегающих к нему территорий, при соблюдении правил безопасности эксплуатации полигона, будет локальным, в пределах участка эксплуатации объекта [11].

Для исключения попадания загрязненных вод с территории полигона в подземные воды, проектными решениями предполагается предусмотреть устройство противодиффузионного экрана по дну полигона. Противодиффузионный экран, предусмотрен из геосинтетических материалов [11].

После заполнения карты складирования промышленных отходов полигона до проектных отметок, на площадке захоронения необходимо будет провести рекультивацию земель полигона. Рекультивация полигона представляет собой комплекс работ, которые направлены на восстановление народнохозяйственной ценности и продуктивности восстанавливаемых территорий, а также направлены на улучшение экологических условий окружающей среды. Для данной площадки принято лесохозяйственное направление рекультивации, которое предполагает создание и выращивание

Таблица 2

Природоохранные мероприятия на ПАО «Северсталь» ЧерМК в период 2012–2017 гг. [Environmental measures at PAO Severstal CherMK in the period 2012–2017]						
Задачи	Воздействие на воду	Воздействие на воздух		Обращение с отходами		
Внедрение технологии переработки доменного шлака «тонким слоем» в цехе шлакопереработки	Забрано воды, млн м <sup>3</sup>	137,47	Выбросы в атмосферу, тыс. т	516,1	Размещение отходов, тыс. т	895
		150,64		495,7		884
		152,62		516,7		915
		148,27		508,9		734
Реконструкция единой фильтровальной станции	Использовано воды, млн м <sup>3</sup>	3 540	Освоена безводная технология охлаждения шлака	Размещение вскрыши, млн т	194,69	
		3 506			176,75	
		3 426			113,34	
		3 377			186	
Передача ПХБ-содержащих конденсаторов и трансформаторов специализированной организации 2024	Объем водоотведения, тыс. м <sup>3</sup>	77 600	Реализована программа по снижению выбросов и газований от коксовых батарей коксовых цехов 1 и 2	Проведены пуско-наладочные работы на установке дистилляции смолы		
		77 883				
		88 241				
		83 151				
Реконструкция аспирационной установки от корпуса коксовых дробилок и шихтового отделения в цехе № 2 с установкой рукавного фильтра	Сброс загрязняющих веществ в водные объекты, тыс. т	34,32	Начато строительство объединенной газоочистки установки «печь-ковш» № 2 и установки доводки металла. Ожидаемый эффект – снижение выброса пыли на 500 тонн в год	За 2016 г. переработано 152 тыс. т технологического мусора, 96 тыс. т эмульсий, 35 тыс. т окалины замасленной, регенерировано 735 т масел		
		28,17				
		35,53				
		31,79				

на территории лесных насаждений, и озеленительное направление [11, 12].

Технический этап рекультивации включает исследования состояния рассматриваемой территории и ее воздействия на окружающую природную среду, подготовку территории к последующему целевому использованию. К техническому этапу рекультивации относится создание рекультивационного многофункционального покрытия, планировка, формирование откосов, транспортировка и нанесение потенциально плодородных почв. Биологический этап рекультивации предусматривает комплекс агротехнических мероприятий, направленных на восстановление нарушенных земель, таких как подбор комплекса многолетних трав, подготовку почвы, посев трав и уход за ними. Основным назначением фитомелиорации является повышение плодородия нанесенного почвенного слоя и потенциального грунта [11].

Основные мероприятия по охране окружающей среды, организованные ПАО «Северсталь» на ЧерМК, а также объемы сбросов, выбросов и образования отходов представлены в табл. 2. Внедрение технологии переработки доменного шлака «тонким слоем» в цехе шлакопереработки снизило объем забора воды из водного объекта на 2,37 млн м<sup>3</sup> (2 %), выбросы в атмосферный воздух сократились на 7,2 тыс. т (1,4 %), а

объем отходов, образующихся в процессе производства и потребления на 161 тыс. т (18 %). Аналогичную ситуацию минимизации негативного воздействия на природную среду можно наблюдать после реконструкции единой фильтровальной станции (объем вод в производстве снизился на 163 млн м<sup>3</sup> (4,6 %), объем отходов – 8,69 тыс. т (4,5 %), передачи ПХБ-содержащих конденсаторов и трансформаторов специализированной организации 2024, реконструкции аспирационной установки от корпуса коксовых дробилок и шихтового отделения в цехе № 2 с установкой рукавного фильтра (объем водоотведения снизился на 2,53 тыс. т (7,4 %)).

На основе приведенных выше данных есть возможность рассчитать эффективность применяемых природоохранных мероприятий. Данная экономическая эффективность выявляется по формуле

$$Э = K/U,$$

где  $K$  – капитальные вложения;  $U$  – ущерб, нанесенный природной среде за год в случае не проведения природоохранных мероприятий.

По данным годового отчета за 2017 г. [11] на мероприятия по предотвращению загрязнения было выделено примерно 1,5 млрд. рублей. В случае не выделения средств было бы необхо-



димо потратить в 2 раза больше на восстановление окружающей среды. Следовательно, срок окупаемости применяемых технологий будет равен

$$1\ 500\ 000\ 000 / 3\ 000\ 000\ 000 = 0,5 \text{ года} = 6 \text{ месяцев.}$$

Мировая практика также показывает, что целевое выделение средств на природоохранные мероприятия несет выгоды не только с экологической точки зрения, но и экономически выгодно, поскольку реабилитация природной среды в случае нанесения ей ущерба обходится существенно дороже [18, 27–29]. Кроме того, отдаленные последствия негативного воздействия на окружающую среду могут быть непредсказуемы и нести опасность для населения и коренных экосистем, а полноценная реабилитация природной среды может оказаться невозможной в случае, если не приняты предварительные природоохранные меры [29].

### Обсуждение результатов

Итак, природоохранная стратегия ПАО «Северсталь» имеет несколько направлений.

*Во-первых* разрабатываются и реализуются мероприятия, направленные на снижение концентраций пыли, сероводорода, оксида углерода в атмосферном воздухе г. Череповец, посредством прекращением производства стали мартеновским способом; снижением использования природного газа (использование коксового и доменного газов); перевода ряда энергетических котлов с твердого на газообразное топливо (использование коксового и доменного газов), что контролируется опытным путем специально нанятой аккредитованной лабораторией.

*Во-вторых* уделяется особое внимание охране водных объектов, что выражается в эксплуатации и модернизации единой оборотной системы водоснабжения, обеспечивающую очистку сточных вод перед сбросом в реку Кошту, производительностью до 12,0 тыс. м<sup>3</sup>/час, включающей пруды-осветлители №№ 1, 2 общей площадью 6,6 га, два золошламонакопителя общим объемом 52 млн м<sup>3</sup>. Снижение сброса загрязняющих веществ связано с улучшением качества воды, используемой вторично в процессе производства.

*В третьих*, на предприятии организована система мониторинга за состоянием окружающей среды, согласно которой мониторинг атмосферного воздуха проводится как на источниках выбросов, так и на контрольных постах

регулярно с периодичностью не реже 1 раза в месяц в 15 пунктах по следующим показателям: сероводород; диоксид серы; фенол; аммиак; оксид азота (IV); синильная кислота; формальдегид; сероуглерод; оксид углерода; серная кислота; пыль; нафталин.

Отбор контрольных проб из почвы проводится согласно графику по четырем показателям: медь, цинк, никель, марганец, с периодичностью 2 раза в год.

Программа производственного экологического контроля на территории объекта имеет своей целью снижение или полное исключение вредного влияния отходов на окружающую среду. Система контроля включает в себя: учет образовавшихся, использованных, обезвреженных, переданных другим лицам или полученных от других лиц, размещенных отходов, контроль соблюдения условий накопления отходов в специально отведенных для этого местах.

*В четвертых*, помимо мер по снижению непосредственного воздействия на окружающую среду комбинат модернизирует технологии производства стали с целью снизить потребление электроэнергии с дальнейшим анализом результатов и подготовкой мер по минимизации непроизводственных издержек, что в том числе позволяет обеспечить опосредованное уменьшение цен на продукцию и загрязнение окружающей среды [11, 12, 30].

В общей сложности за время проведения природоохранных мероприятий с 1999 по 2017 гг. ПАО «Северсталь» потратило 5 470,2 млн долл. США. С точки зрения экологических выгод ПАО «Северсталь» ведет активное снижение выбросов в атмосферный воздух, что позволяет снизить риск заболеваемости, как у рабочих, так и у населения; ликвидирует или устанавливает очистное оборудование на выпусках в водные объекты. Эти меры дают возможность проходить процессам самоочищения вод за счет развития гидробионтов; предотвращают распространяющуюся эрозию почв за счет аккумуляции отходов производств и их использования на обустроенном полигоне промышленных отходов, предупреждения их распространения и предохраняя окружающую среду от загрязнения [11].

Все описанные мероприятия по охране окружающей среды планируется продолжать в рамках национального проекта «Экология», а также региональных программ. Будут выполнены задачи проекта в направлениях по снижению уровня загрязнения воздуха, применению системы экологического регулирования,

основанной на использовании улучшенных технологий, участие в экологической реабилитации водных объектов, сохранении биологического разнообразия. Таким образом, ПАО «Северсталь» и, в частности ЧерМК принимает участие в проекте по всем пяти направлениям «Воздух», «Вода», «Технологии», «Отходы», «Биоразнообразии» [31].

В рамках проекта «Экология» ПАО «Северсталь» на 2018–2024 гг. ставит следующие задачи по природоохранной деятельности для ЧерМК на 2018–2025 гг. [12]:

- к 2025 г. снизить массу сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты, превышающих норматив допустимого сброса, на 12 % от массы загрязняющих веществ, сброшенных в 2017 г.;

- к 2025 г. снизить массу размещаемых отходов на 20 % от массы размещенных отходов в 2017 г.;

- к 2025 г. достичь снижения выбросов в атмосферу загрязняющих веществ (пыль/твердые вещества, оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, прочие) на 7% от объема выбросов в 2017 г.

Последние две задачи относятся к дивизионам «Северсталь Российская сталь», куда входит ЧерМК, и «Северсталь Ресурс» в целом.

За счет принятых мер по выявлению вредных веществ, загрязняющих окружающую среду в процессе производства, разработке собственной системы мониторинга, модернизации ключевых этапов производства для снижения и очистки выбросов, стратегии размещения и утилизации отходов, были существенно улучшены многие показатели, отражающие состояние окружающей среды, в том числе, состояние экосистем на территории Дарвинского заповедника [7, 16, 20].

### **Заключение**

Анализ природоохранных мероприятий на ЧерМК и результатов проведенного исследования позволяет сделать следующие выводы:

- За последние 20 лет существенно улучшилось и продолжает улучшаться качество воздуха, на которое ЧерМК оказывает влияние как основной фактор. В связи с этим обнаружено улучшение качества воды в малых водоемах Дарвинского заповедника, ранее страдавшие от закисления вследствие выпадения «кислотных» осадков, а также других видов загрязнений.

- За счет использования и обезвреживания отходов производства, критическое загрязнение почв отмечено лишь на участке вблизи ком-

бината. При этом на территории Дарвинского заповедника концентрации загрязняющих веществ в почвах в настоящее время оцениваются как близкие к фоновому, как и содержание загрязняющих веществ в растениях.

- Несмотря на принятые меры по повторному использованию воды в производстве и дополнительной очистке сточных вод, качество вод в р. Кошта, куда осуществляется выпуск сточных вод, а также в других водных объектах (в т.ч. Рыбинском водохранилище) качество воды лишь в 2016–2017 гг. имеет лишь незначительную тенденцию к улучшению, но при этом воды по-прежнему классифицируются как «грязные». В данном случае, несомненно, на качество вод имеет место влияние и других стационарных точечных загрязнителей (предприятий), помимо ЧерМК.

Таким образом, основные планируемые природоохранные меры должны быть направлены на очистку сточных вод всего комплекса предприятий г. Череповца и его окрестностей, дальнейшую модернизацию очистительных сооружений и циклического использования воды в производственном процессе. Для сохранения окружающей среды, минимизации ущерба и улучшения ее состояния также необходимо и в будущем придерживаться существующей стратегии развития предприятия ЧерМК и внедрять успешные природоохранные технологии на других аналогичных предприятиях.

### **Библиографический список**

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)
2. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/)
3. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 02.08.2019). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/)
4. Кадастровая информация о ФГБУ «Дарвинский государственный заповедник» (за период 2009–2012 гг.). Борок: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2013. 99 с.
5. Дарвинский заповедник. Вологда: Областная книжная редакция, 1957. 102 с.
6. Труды Дарвинского Государственного заповедника. Выпуск XII. Вологда: Северо-западное книжное издательство, 1974. 242 с.

7. Летопись природы Дарвинского заповедника. Борок, 2013. URL: <https://www.дарвинский.рф> (дата обращения: 20.06.2019).

8. Природные ресурсы и охрана окружающей среды Вологодской области. Правительство Вологодской области. Вологда: Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды, 2002. 19 с.

9. Информация о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в городе Череповце, реализации муниципальной программы «охрана окружающей среды» на 2013–2022 годы» в 2017 году. Череповец: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт», 2018. 74 с.

10. Доклад об экологической обстановке на территории Вологодской области и итогах деятельности Департамента природных ресурсов и окружающей среды в 2017 г. Вологда: Департамент природных ресурсов и окружающей среды, 2018. 98 с.

11. Годовые отчеты ПАО «Северсталь» за 2006–2019. URL: [https://www.severstal.com/rus/ir/results\\_reports/annual\\_reports](https://www.severstal.com/rus/ir/results_reports/annual_reports) (дата обращения: 22.06.2019)

12. Официальный сайт компании ПАО «Северсталь». URL: [https://www.severstal.com/rus/about/company\\_history/](https://www.severstal.com/rus/about/company_history/)

13. Калецкая М.Л., Немцова С.Ф., Скокова Н.Н. Дарвинский заповедник. Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР. М.: Мысль, 1988. С. 152–184.

14. Иванов В.К. Макрозообентос малых озер Дарвинского заповедника в условиях антропогенного закисления. Отчет о НИР, Информационный бюллетень РФФИ, 3 (1995). Контракт 95-04-11628.

15. Иванов В.К. Видовой состав, структура и динамика количественных показателей макрозообентоса озер, подверженных ацидификации: Дисс. канд. биол. наук. Борок: Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 2000. 184 с.

16. Орлянский Н.А. Мониторинг территории Дарвинского государственного природного биосферного заповедника // Агрехимический вестник. 2010. № 4. С. 5–7.

17. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. Ростов-на-Дону: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт», 2018. 555 с.

18. Miller W.R. McHugh J.B. Calculations of Geochemical Baselines of Stream Waters in the Vicinity of Summitville, Colorado, Before Historic Underground Mining and Prior to Recent Open-Pit Mining. Reviews of Economic Geology, 1999. V. 6. P. 505–514.

19. Митропольская И.В. Структура и динамика фитопланктона Рыбинского водохранилища: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 2010. 27 с.

20. Тихановская Г.А., Машихина Ю.В. Оценка экологического состояния водотоков Рыбинского водохранилища // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. 2016. № 1(15). С. 33–40.

21. Томилина И.И., Ганеева М.В., Ложкина Р.А. Изменение качества воды и донных отложений Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища по химическим и токсикологическим показателям за период 1961–2017 г. // Труды института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2018. № 81(84). С. 32–50. DOI: 10.24411/0320-3557-2018-10028

22. Лазарева В.И., Копылов А.И., Соколова Е.А., Пряничникова Е.Г., Велигеры дрейссенид (*Bivalvia*, *Dreissenidae*) в трофической сети планктона Рыбинского водохранилища // Поволжский Экологический Журнал. 2015. № 1. С. 42–54

23. Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с.

24. Власова О.А., Веденеева Н.В., Орлянский Н.А. Результаты локального агроэкологического мониторинга окружающей среды в условиях Вологодской области // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 4(28). С. 18–29.

25. Tutubalina O.V., Rees W.G. Vegetation degradation in a permafrost region as seen from space: Noril'sk (1961–1999) // Cold Regions Science and Technology, 2001. V. 32. N 2-3. P. 191–203. DOI: 10.1016/S0165-232X(01)00049-0

26. Galchenko Yu.P., Eremenko V.A., Myaskov A.V., Kosyreva M.A. Solution of geoeological problems in underground mining of deep iron ore deposits // *Eurasian Mining*. 2018. N 1. P. 35–40. DOI: 10.17580/em.2018.01.08

27. Мясков А.В. Современные эколого-экономические проблемы недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 1. С. 157–160.

28. Мясков А.В. Методологические основы эколого-экономического обоснования сохранения естественных экосистем в горнопромышленных регионах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 1. С. 399–401.

29. Mhlongo S.E., Amponsah-Dacosta F. A review of problems and solutions of abandoned mines in South Africa // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2016. V. 30. N 4. P. 279–294. DOI: 10.1080/17480930.2015.1044046

30. Ben Sasi J.M. Air Pollution Caused by Iron and Steel Plants // International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME). 2013. V. 1. N 3. URL: <http://www.isaet.org/images/extramages/P513673.pdf>

31. Паспорт национального проекта «Экология» утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16). [http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy\\_proekt\\_ekologiya/](http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/) (дата обращения: 26.06.2019).

### References

1. Federal law «On environmental protection» of 10.01.2002 No. 7-FZ. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (In Russ.)

2. Federal law «On production and consumption waste» of 24.06.1998 No. 89-FZ. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (In Russ.)

3. Water code of the Russian Federation 03.06.2006 No. 74-FZ (as amended on 02.08.2019). Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/) (In Russ.)

4. Cadastral information about the Darwin state reserve (for the period 2009–2012). Borok: Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation, 2013. 99 p. (In Russ.)

5. Darwin nature reserve. Vologda: Regional book editorial office, 1957. 102 p. (In Russ.)

6. Proceedings of the Darwin state nature reserve. Issue XII. Vologda: North-Western book publishing house, 1974. 242 p. (In Russ.)

7. Chronicle of the nature of the Darwin nature reserve. Borok, 2013. Official website of the Darwin state nature biosphere reserve <https://www.дарвинский.рф> (accessed: 20.06.2019). (In Russ.)

8. Natural resources and environmental protection of the Vologda region. Vologda oblast government. Vologda: Department of natural

resources and environmental protection, 2002. 19 p. (In Russ.)

9. Information about the state of the environment and environmental protection in the city of Cherepovets, the implementation of the municipal program «environmental protection» for 2013–2022 in 2017. Cherepovets: Federal service for Hydrometeorology and environmental monitoring. Federal state budgetary institution «Hydrochemical Institute», 2018. 74 p. (In Russ.)

10. Report on the environmental situation in the Vologda region and the results of the Department of natural resources and environment in 2017 Vologda: Department of natural resources and environment, 2018. 98 p. (In Russ.)

11. Annual reports of PAO Severstal for 2006–2019. Available at: [https://www.severstal.com/rus/ir/results\\_reports/annual\\_reports](https://www.severstal.com/rus/ir/results_reports/annual_reports) (accessed: 22.06.2019). (In Russ.)

12. PAO Severstal. Available at: [https://www.severstal.com/rus/about/company\\_history/](https://www.severstal.com/rus/about/company_history/) (In Russ.)

13. Kaletskaya M.L., Nemtsov S.F., Skokova N.N. The Darwin reserve. Reserves of the USSR. Reserves of the European part of the RSFSR. Moscow: Mysl', 1988. Pp. 152–184. (In Russ.)

14. Ivanov V.K. Macrozoobenthos of small lakes of the Darwin reserve in conditions of anthropogenic acidification. The research report, Information Bulletin of Russian Foundation for basic research, 3 (1995). Contract 95-04-11628. (In Russ.)

15. Ivanov V.K. Species composition, structure and dynamics of quantitative indicators of macrozoobenthos of lakes subject to acidification: Cand. Diss. (Biol.). Borok: I.D. Papanin Institute for biology of inland waters Russian Academy of Sciences, 2000. 184 p. (In Russ.)

16. Orlyansky N.A. Monitoring at state Darwin biosphere reserve in Vologda region. *Agrochemical Herald*. 2010. No. 4. Pp. 5–7. (In Russ.)

17. Surface water quality of the Russian Federation. Yearbook. Rostov-on-Don: Federal service for Hydrometeorology and environmental monitoring. Federal state budgetary institution «Hydrochemical Institute», 2018. 555 p. (In Russ.)

18. Miller W.R., McHugh J.B. Calculations of Geochemical Baselines of Stream Waters in the Vicinity of Summitville, Colorado, Before Historic Underground Mining and Prior to Recent Open-Pit Mining. *Reviews of Economic Geology*. 1999. Vol. 6. Pp. 505–514.

19. Mitropolskaya I.V. Structure and dynamics of phytoplankton of the Rybinsk

reservoir. Summary of Cand. Diss. (Biol.). Moscow: Papanin Institute for biology of inland waters Russian Academy of Sciences, 2010, 27 p. (In Russ.)

20. Tikhanovskaya G.A., Mashikhina Yu.V. Assessment of ecological state of watercourses of the rybinsk water reservoir. *Science Journal of Volgograd State University Natural Sciences*. 2016. No. 1(15). Pp. 33–40. (In Russ.)

21. Tomilina I.I., Gapeeva M.V., Lozhkina R.A. The changes of water and bottom sediments quality of the shekninsky reach of the rybinsk reservoir by chemical and toxicological parameters during the period 1961–2017 years. *Trudy instituta biologii vnutrennikh vod im. I.D. Papanina RAN = Proceedings of the Institute of Biology of Inland Waters. I.D. Papanin RAS*. 2018. No. 81(84). Pp. 32–50. (In Russ.). DOI: 10.24411/0320-3557-2018-10028

22. Lazareva V.I., Kopylov A.I., Sokolova E.A., Pryanichnikova E.G. Veliger larvae of dreissena (bivalvia, dreissenidae) in the plankton foodweb of the rybinsk reservoir. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2015. No. 1. Pp. 42–54. (In Russ.)

23. Korneva L.G. Phytoplankton of reservoirs in the Volga basin. Kostroma: Kostroma printing house, 2015. 284 p. (In Russ.)

24. Vlasova O.A., Vedeneeva N.V., Orlyansky N.A. Local monitoring of environment in the conditions of the Vologda region. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik = Dairy Newsletter*. 2017. No. 4(28). Pp. 18–29. (In Russ.)

25. Tutubalina O.V., Rees W.G. Vegetation degradation in a permafrost region as seen from space: Noril'sk (1961–1999). *Cold Regions Science and Technology*. 2001. Vol. 32. No. 2-3. Pp. 191–203. DOI: 10.1016/S0165-232X(01)00049-0

26. Galchenko Yu.P., Eremenko V.A., Myaskov A.V., Kosyreva M.A. Solution of geoeological problems in underground mining of deep iron ore deposits. *Eurasian Mining*. 2018. No. 1. Pp. 35–40. DOI: 10.17580/em.2018.01.08

27. Myaskov A.V. Modern ecological and economic issues of subsoil use. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2014. No. 1. Pp. 157–160. (In Russ.)

28. Myaskov A.V. Methodological bases of ecological and economic substantiation of conservation of natural ecosystems in mining regions. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2011. No. 1. Pp. 399–401. (In Russ.)

29. Mhlongo S.E., Amponsah-Dacosta F. A review of problems and solutions of abandoned mines in South Africa. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2016. Vol. 30. No. 4. Pp. 279–294. DOI: 10.1080/17480930.2015.1044046

30. Ben Sasi J.M. Air Pollution Caused by Iron and Steel Plants. *International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMME)*. 2013. Vol. 1. No. 3. Available at: <http://www.isaet.org/images/extraimages/P513673.pdf>

31. Passport of the national project «Ecology» approved by the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for strategic development and national projects (Protocol No. 16 of December 24, 2018). Available at: [http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy\\_proekt\\_ekologiya/](http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/) (accessed: 26.06.2019). (In Russ.)

#### Информация об авторах / Information about the authors

**Зайцев Вадим Станиславович** – аспирант, zaicev\_vadim@inbox.ru; Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, Москва. Ленинский просп., д. 4.

**Vadim S. Zaitsev** – Postgraduate Student, zaicev\_vadim@inbox.ru, Department of Industrial Management, National University of Science and Technology MISiS, 4 Leninsky Prospect, Moscow 119049, Russia.sia.

Поступила в редакцию 15.07.2019 г.; после доработки 04.04.2020 г.; принята к публикации 04.06.2020 г.