

## Внедрение инновационных технологий как фактор экологической модернизации арктических регионов России\*



**Светлана Артуровна  
ЛИПИНА**

Высшая школа государственного управления «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»  
Москва, Российская Федерация, 119571, пр. Вернадского, д. 82, корп. 9  
E-mail: s.lipina@mail.ru



**Константин Сергеевич  
ЗАЙКОВ**

Арктический центр стратегических исследований Северного (Арктического) федерального университета  
Архангельск, Российская Федерация, 163002, наб. Северной Двины, д. 17  
E-mail: k.zaikov@narfu.ru



**Александра Валерьевна  
ЛИПИНА**

Высшая школа государственного управления «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»  
Москва, Российская Федерация, 119571, пр. Вернадского, д. 82, корп. 9  
E-mail: a.v.lipina@mail.ru

\* Статья подготовлена в рамках исследования по теме «Региональный конкурс «Русский Север: история, современность, перспективы» 2016 – Архангельская область» (грант РГНФ № 16-12-29004).

**Для цитирования:** Липина, С.А. Внедрение инновационных технологий как фактор экологической модернизации арктических регионов России / С.А. Липина, К.С. Зайков, А.В. Липина // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10. – № 2. – С. 164-180. DOI: 10.15838/esc/2017.2.50.9

**For citation:** Lipina S.A., Zaikov K.S., Lipina A.V. Introduction of Innovation Technology as a Factor in Environmental Modernization in Russian Arctic. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2017, vol. 10, no. 2, pp. 164-180. DOI: 10.15838/esc/2017.2.50.9



**Аннотация.** В статье рассматриваются основы формирования и реализации современной Российской государственной экологической политики в Арктике, анализируются экологические угрозы и вызовы, в том числе последствия воздействий предприятий горно-металлургического комплекса на окружающую среду. Угольная, черная и цветная металлургия отмечаются как доминирующие по образованию и накоплению отходов. При выплавке металлов формируются шлаки, основу которых составляют оксиды. Одно из первых мест по отрицательному воздействию на окружающую среду занимают оксиды серы. В работе говорится об экологически ответственной модели хозяйствования в Арктике, когда приоритет в управленческих решениях отдается вопросам сохранения природы, а не только получению прибыли. Основная экологическая проблема связана с накоплением отходов в местах концентрации объектов промышленности, транспорта, энергетики и социальной сферы на ограниченных пространствах в районах Арктики, где осваиваются месторождения полезных ископаемых, осуществляется переработка сырья и транспортировка. Вопросы промышленной переработки вторичных ресурсов и утилизации серы в соответствии с принципами экологически чистого производства (рециклинга) представляют особый научный интерес. Предлагаются инновационные методы решения проблем экологической модернизации в Арктической зоне Российской Федерации: утилизация серосодержащих отходов, рециклинг техногенных отходов, анализируются эксплуатационные и физико-механические свойства сероасфальтобетонов и серобетонов, возможности производства нового поколения строительных материалов и дорожных покрытий. Высокие потребительские свойства серосодержащих строительных материалов – низкая стоимость исходного сырья, технологичность серобетонных и растворных смесей, быстрый набор прочности, стойкость к радиационным и другим агрессивным средам, высокая морозо- и водостойкость – делают их конкурентоспособными по отношению к традиционным строительным материалам, которые зачастую не выдерживают сложных климатических условий Севера. Использование серосодержащих отходов в различных отраслях народного хозяйства Арктической зоны позволит значительно снизить себестоимость изделий и конструкций и будет способствовать решению одной из важнейших задач современности – защите окружающей среды от загрязнения промышленными отходами.

**Ключевые слова:** стратегическое планирование, инновационное развитие, серосодержащие отходы, Арктика, переработка отходов, рециклинг.

В настоящее время приоритетом государственной экологической политики в Арктике является сохранение уникальных арктических экосистем, ликвидация накопленных загрязнений, изучение и защита ценных природных территорий и экосистем от негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности. Важность изучения и обеспечения экологической безопасности природных объектов и экосистем Арктической зоны Российской Федерации определяется в Основах государственной политики Российской Феде-

рации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу, утвержденных Президентом Российской Федерации 18.09.2008 (Пр № 1969).

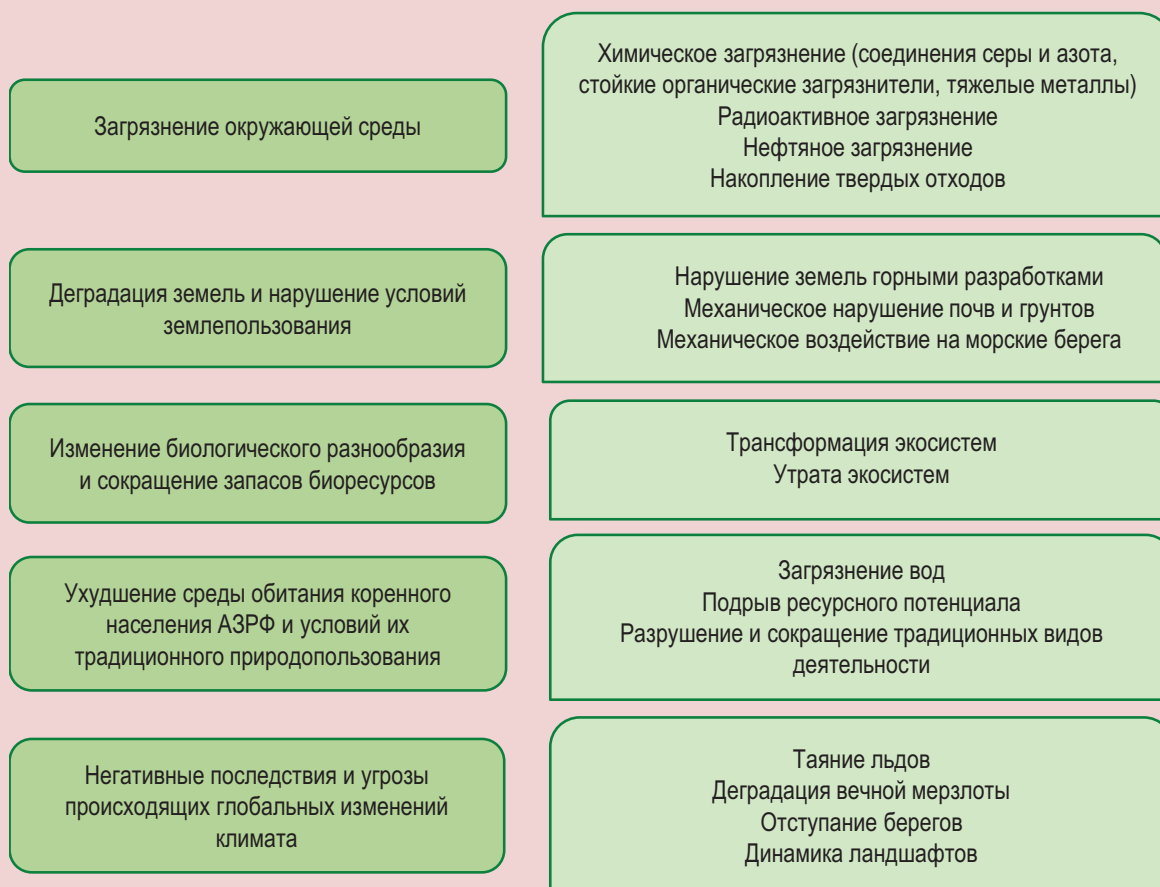
К экологическим вызовам и угрозам в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) мы относим прогрессирующее загрязнение и деградацию компонентов природной среды в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки, накопление отходов и поступление загрязняющих веществ в результате трансграничного переноса, риски и затраты при освоении при-

родных ресурсов, высокую степень износа основных производственных фондов, глобальные климатические изменения и их влияние на зону распространения многолетнемерзлых грунтов, развитие опасных гидрометеорологических, ледовых и других природных процессов, увеличение риска и ущерба от этих процессов, техногенных аварий и катастроф (рисунки).

По локализации экологических вызовов непосредственно на арктической природной территории, характеризующейся наличием природных объектов и экосистем, уязвимых к любым техногенным воздействиям, находятся следующие приоритетные «горячие точки» и импактные районы (СПД-Арктика, 2009): в Мурманской

области – города Мурманск, Заполярный, Никель; Кольский залив и Печорская губа в Баренцевом море; Обская губа и Енисейский залив в Карском море; в Ямало-Ненецком автономном округе – Ямбургское и Уренгойское месторождения; в Чукотском автономном округе – пос. Певек и Билибинский комплекс. Среди муниципальных образований АЗРФ приоритетное значение имеет определение экологических угроз на территории муниципальных образований, расположенных на арктическом побережье. Увеличение экологических рисков связано с развитием морской и прибрежной хозяйственной деятельности, концентрацией оборонной и пограничной инфраструктуры. На арктическом

Пилотная блок-схема состояния экологических вызовов территорий Арктической зоны России





побережье находятся крупные города и поселения. Приоритетом является определение экологических угроз в «горячих точках», расположенных за пределами территории АЗРФ и оказывающих на АПТ трансграничное негативное воздействие. Наибольшему антропогенному воздействию подвержены экосистемы внутренних морских вод. Наиболее сильные антропогенные воздействия на арктические моря сосредоточены на их берегах, в заливах, губах и в прибрежных водах. Основная экологическая проблема связана с накоплением отходов в местах концентрации объектов промышленности, транспорта, энергетики и социальной сферы на ограниченных пространствах в районах Арктики, где осваиваются месторождения полезных ископаемых, осуществляется переработка и транспортировка сырья. Отметим, что источники загрязнения окружающей среды, отходов производства и потребления в Арктической зоне в основном локализованы на землях поселений, промышленности, обороны, энергетики и транспорта. Значительные накопления загрязняющих веществ были образованы в 1930–1980-х годах в период мировой интенсивной индустриализации, широкомасштабной добычи природных ресурсов, что актуально и в наши дни.

Основные негативные изменения в ландшафтах Арктики связаны со следующими причинами:

- хозяйственное освоение, не соответствующее экологической емкости природной среды при практическом отсутствии адекватных мер по ее реабилитации;
- монопрофильный спектр использования природных ресурсов территории с преобладанием добычных отраслей;
- увеличение природно-техногенных рисков в условиях развития альтернатив-

ных видов природопользования (транспорт, добыча ресурсов, рыболовство, традиционное природопользование).

Исследованиями последних лет в Арктике удалось выявить территории с сильными изменениями и нарушениями природной среды<sup>1,2,3,4</sup>. Эти негативные процессы связаны с загрязнением наземных и прибрежных морских и речных экосистем тяжелыми металлами, нефтепродуктами, органическими соединениями различного происхождения, соединениями азота и серы и т.д., механическими нарушениями почв и грунтов, перевыпасом на оленьих пастбищах. Кризисные ситуации сложились в Западно-Кольском, Центральном-Кольском, Норильском районах, критические — в Архангельском, Тимано-Печорском, Новоземельском, Воркутинском, напряженные — в Западно- и Восточно-Чукотском, а также в Яно-Индигирском (район гп. Депутатский) районе, находящемся в стадии становления. Ситуация в Билибинском районе в настоящее время характеризуется как условно-потенциально-острая, но при вероятных авариях разного масштаба на АЭС положение может мгновенно измениться вплоть до катастрофического (это относится и к АЭС в Кольском районе), что и послужило основанием для выделения этого импактного района.

<sup>1</sup> Евсеев А.В., Красовская Т.М. Эколого-географические особенности природной среды районов Крайнего Севера России. — Смоленск: СГУ, 1996.

<sup>2</sup> Природная среда тундры в условиях открытой разработки угля: монография / М.В. Гецен, А.В. Логинов, А.И. Рубцов и др.; Мин-во прир. рес-в и охраны окр. среды респ. Коми; под общ. ред. М.В. Гецен. — Сыктывкар, 2005. — 246 с.

<sup>3</sup> Красовская Т.М. Природопользование Севера России. — М.: Изд-во ЛКИ, 2008. — 288 с.

<sup>4</sup> Душкова Д.О. Медико-экологическое состояние промышленных центров Европейского Севера России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 2008. — 22 с.

Таблица 1. Локализация экологических вызовов в Российской Арктике

№ п/п	Импактный район	Источники загрязнения
1.	Западно-Кольский	Цветная металлургия, горнодобывающая промышленность
2.	Центрально-Кольский	Цветная металлургия, горнодобывающая промышленность, АЭС, транспорт
3.	Архангельский	Целлюлозно-бумажная промышленность, машиностроение, лесопромышленный комплекс, теплоэнергетика, транспорт
4.	Тимано-Печорский	Добыча и транспортировка углеводородного сырья
5.	Воркутинский	Горнодобывающая промышленность, теплоэнергетика, стройиндустрия
6.	Новоземельский	Военные объекты (ЦИП), затопление ядерных установок и других радиоактивных отходов
7.	Нижне-Обский	Добыча и транспортировка углеводородного сырья
8.	Средне-Обский	Добыча и транспортировка углеводородного сырья
9.	Норильский	Цветная металлургия, горнодобывающая промышленность
10.	Яно-Индигирский	Горнодобывающая промышленность
11.	Западно-Чукотский	Горнодобывающая промышленность, АЭС
12.	Восточно-Чукотский	Горнодобывающая промышленность

Источники: Красовская Т.М. Природопользование Севера России. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 288 с.; Евсеев А.В., Красовская Т.М. Новые подходы к природопользованию на Севере России. География, общество, окружающая среда. – Т. 3: Природные ресурсы, их использование и охрана / под ред. А.Н. Геннадиева, Д.А. Криволицкого. – М.: Городец, 2004.

Анализ групп локализации экологических угроз показал, что химическое загрязнение обуславливает формирование импактных районов в центрах развития цветной металлургии, целлюлозно-бумажной промышленности, добычи углеводородного и других видов сырья. Комплексные химические и механические нарушения характерны для импактных районов горнодобывающей промышленности. Механические нарушения преобладают в местах развития золотодобычи, добычи алмазов, перевыпаса оленей и т.д. К потенциальным импактным районам относятся и зоны радиационного риска. Наиболее обширные импактные районы сформировались в результате химического загрязнения. В ряде случаев уровень загрязнения достаточно высок и превышает предельно допустимые концентрации (ПДК), что отрицательно сказывается на экологической обстановке.

Однако следует отметить, что, хотя партнеры Российской Федерации по Арктическому совету нередко используют экологические вопросы в качестве инструментов

«мягкой» силы для вытеснения России из Арктики, оценка российских специалистов [2, 8, 14] и международных экспертов [17] свидетельствует, что окружающая среда большей части арктической природной территории России остается менее загрязненной и сравнительно мало нарушенной в отличие от многих районов Северного полушария.

Именно экологическая составляющая позволяет говорить об ответственной модели хозяйствования в Арктике, когда приоритет в управленческих решениях отдается вопросам охраны природы, а не только получению прибыли. Фактически экономика Арктики и в настоящее время ориентирована в основном на добычу природных ресурсов, что приводит к формированию импактных районов с сильными техногенными нарушениями природной среды, пагубно сказывающимися не только на перспективах сохранения природно-ресурсного потенциала, но и на здоровье и благополучии населения, включая коренных жителей Арктики. Отметим, что удельный вес предприятий по добыче и



переработке природных ресурсов, функционирование которых сопровождалось образованием значительного количества твердых, жидких и газообразных отходов, составлял около 70% [3]. Как и в других индустриальных регионах России, эти процессы оставили наследие в виде серьезного экологического ущерба и угроз для здоровья населения.

Увеличение объемов производства во всех субъектах АЗРФ, наблюдаемое с начала XXI века и прогнозируемое на перспективу, несомненно, приведет к усилению техногенной нагрузки на окружающую среду региона, которая будет усугубляться планируемым интенсивным развитием нефтегазодобычи, геологоразведочных работ, трубопроводного транспорта. Поэтому требуется разработка неотложных мер по предотвращению возрастающих экологических угроз в связи с расширением экономической деятельности в Арктике и применению инновационных методов экологической модернизации в Арктической зоне Российской Федерации в ликвидации экологического ущерба.

Арктика, как одна из самых хрупких экосистем планеты, в большей степени, чем другие регионы, подвержена изменениям климата. Ее отличает высокая уязвимость природной среды к антропогенному воздействию. Окружающая среда находится в экстремальном положении, возможность самовосстановления природных систем крайне ограничена<sup>5</sup>.

При оценке эффективности эволюционного подхода к освоению Арктической зоны Российской Федерации следует обозначить одну неприятную особенность: скорость потепления в Арктике в два раза выше среднемировой. По данным Русско-

<sup>5</sup> ГОСТ 17.4.2.03. Охрана природы. Почвы. Паспорт почв. — М.: Стандартинформ, 2008. — URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/gost-17-4-2-03-86>

го географического общества и Межправительственной группы экспертов по изменению климата при ООН (МГЭИК), в настоящее время сокращение площади морских льдов и вечной мерзлоты в Арктическом регионе составляет около 1% в год. В итоге площадь арктического льда с 1978 года по настоящее время уменьшилась на 8%, а температура верхнего слоя вечной мерзлоты повысилась<sup>6</sup> на 3°C. При сохранении тенденции потепления прогнозируется повышение температуры на 6,4°C, подъем уровня моря на 0,59 м, а полное освобождение океана ото льда в летнее время не такое уж далекое будущее<sup>7</sup>. То есть прогнозируемое потепление климата для Арктики грозит неоднозначными (как положительными, так и отрицательными) последствиями, а развитие отдельных секторов экономики неизбежно будет сопровождаться ростом антропогенного воздействия. Поэтому особого подхода требуют вопросы, связанные с перспективой освоения ресурсов, экологическим состоянием отдельных прибрежных территорий АЗРФ, вытеснением вечной мерзлоты — термокарст и безопасностью инфраструктуры (разрушения фундаментов зданий, насыпей автомагистралей и железных дорог, покрытий аэродромов; разрывы трубопроводов).

Отметим, что наблюдаемый в последние десятилетия ускоренный процесс потепления демонстрирует миру огромный импульс реакции со стороны различных групп интересантов, предлагающих самые амбициозные меры по укрощению климата. Парижское соглашение — как раз одно

<sup>6</sup> Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М.: Росгидромет, 2008. — URL: <http://www.climate2008.igce.ru>

<sup>7</sup> Арктика как индикатор изменения климата в мире. — URL: <http://www.rgo.ru/2010/04/arktika-kak-indikator-izmeneniya-klimata-v-mire>

из универсальных и юридически обязывающих соглашений об изменении климата, которое направлено на укрепление потенциала для борьбы с его последствиями. Однако подписание — жест международной солидарности, который не накладывает никаких серьезных финансовых обязательств. А вот сокращение выбросов парниковых газов или низкоуглеродное развитие — выбор технологий, которые ведут к наименьшим выбросам CO<sub>2</sub>, диоксида серы (SO<sub>2</sub>) и других газов. В этих условиях следует отметить, что Арктика чрезвычайно уязвима перед техногенным и антропогенным воздействиями из-за экстремальности природно-климатических условий, хрупкости экосистем. Следует отметить, что особенно актуальны экологические проблемы на территориях, прилегающих к Норильску, в Мурманской и Архангельской областях<sup>8</sup>.

Исследования антропогенного воздействия медно-никелевого производства на заполярных предприятиях горно-металлургического комплекса «Норильский никель» позволили сделать вывод, что главные экологические проблемы связаны с выбросами диоксида серы, создающими дополнительную техногенную нагрузку на близлежащие и прибрежные экосистемы. Рассматривая последствия воздействия предприятий горно-металлургического комплекса на окружающую среду, следует отметить, что доминирующими по образованию и накоплению отходов являются угольная, черная и цветная металлургия. В процессе обжига медных, цинковых, свинцовых руд и концентратов, а также руд, содержащих другие цветные металлы, образу-

ется твёрдый остаток — огарок и отходящие газы, которые являются крупномасштабным промышленным отходом. Газы в своём составе содержат сернистый ангидрид и обладают высокой токсичностью [16].

Отходы, сопутствующие металлургическим переделам, включают несколько видов. При выплавке металлов формируются шлаки, основу которых составляют оксиды, а оксиды серы занимают одно из первых мест по отрицательному воздействию на окружающую среду. Мировой вклад металлургии в выбросах оксида серы составляет 15% (более половины из них дает цветная металлургия) [15]. На стадии добычи руды образуются твердые отходы в виде вскрышных и вмещающих пород, пустых шахтных пород, некондиционных руд; на стадии обогащения добытого сырья — отходы флотации, гравитации, отвалы промывки россыпей. На стадии переработки обогащенного сырья в товарную продукцию (концентраты) на металлургических предприятиях образуются различные шлаки, пыли, огарки, шламы, в которых, помимо элементов, присущих перерабатываемому сырью, накапливаются полезные компоненты из материала подшихтовки, кокса или угля. Оксиды серы, а также образующиеся при соединении в атмосфере с водяным паром кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) оказывают вредное воздействие на здоровье людей, являются причиной гибели хвойных лесов, плодовых деревьев, снижения урожайности сельскохозяйственных культур, закисления водоемов. Кроме того, оксиды серы являются причиной коррозии стальных конструкций и разрушения различных строительных материалов [5]. С целью сокращения огромного экономического ущерба, наносимого выбросами оксидов серы, в 1983 г. была подписана Конвенция Организации Объединенных

<sup>8</sup> Комплексные климатические стратегии для устойчивого развития регионов российской Арктики в условиях изменения климата (модельный пример Мурманской области). Резюме. — М.: Программа развития ООН в России, Российский региональный экологический центр, 2009.



Наций по сокращению трансграничного переноса оксидов серы на территории Европы. В соответствии с этой Конвекцией страны-участницы (в том числе Россия) обязались сократить выбросы сернистых соединений в атмосферу к 1993 г. на 30% (по сравнению с 1980 г.). Россия свои обязательства выполнила.

Технологические процессы горной металлургии [1] – добыча, обогащение руд и выплавка из них металлов, медно-никелевое производство характеризуются выбросами в атмосферу больших количеств диоксида серы (SO<sub>2</sub>) – сернистого газа и частиц тяжелых металлов, образующих в совокупности техногенные серосодержащие отходы (ССО). Поэтому современные методы очистки газообразных промышленных выбросов от диоксида серы имеют первостепенное значение.

Результаты исследований антропогенного воздействия медно-никелевого производства с 30 характерными для цветной металлургии видами выбросов показали, что среднегодовой выброс серы на предприятиях Норильского горно-металлургического комбината имени А.П. Звениягина, ныне Заполярного филиала ОАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель» (ГМК «Норильский никель»), составляет на Медном заводе примерно 340–350 тыс. т/год, на Надеждинском металлургическом заводе – 420–430 тыс. т/год, на Никелевом заводе – 250–260 тыс. т/год [10, 11, 12].

На долю ГМК «Норильский никель» приходится 25% российских промышленных серосодержащих выбросов. Среднемесячное содержание диоксида серы SO<sub>2</sub> в Норильске в 50–60 раз превышает фоновый уровень региона. Росстат ставит Норильск на первое место по выбросам в атмосферу среди городов России. И уровень фактически не снижается: в 2010 году предприятия «Норникеля» выбросили в атмосферу города 1,8 млн. т диоксида серы, в 2013 – 1,9 млн т, в 2014 – 1,8 млн. т, что следует из годовых отчетов ГМК [8].

Данные, приведенные в табл. 2, показывают что медно-никелевое производство характеризуется выбросами в атмосферу большого количества диоксида серы (SO<sub>2</sub>) или, как его еще называют, сернистого газа и частиц тяжелых металлов [9].

На долю работающего ОАО «ГМК «Норильский никель» приходится 25 % российских промышленных выбросов SO<sub>2</sub>. В 2009 году «Норильский никель» выбросил в атмосферу около 979 тыс. т серы. А экономические расчёты показали, что для ОАО «ГМК «Норильский никель» переработка отходящих на серную кислоту газов не выгодна по сравнению с переработкой их на элементарную серу. В Норильске около 350 дней в году фиксируется повышенный уровень загрязнения атмосферы вредными веществами: в 80% уровень превышает ПДК в 5 раз, в 20% – в 10 раз, что позволяет оценить степень загрязнения как «сильная» и «очень сильная» [10, 12].

Таблица 2. Характеристика выбросов в атмосферу основных загрязняющих веществ на предприятиях ОАО «ГМК «Норильский никель» в 2009 г., тыс. тонн

Основные показатели	Заполярный филиал ОАО «ГМК «Норильский никель»	ОАО «Кольская ГМК»
Диоксид серы	1917,40	136,16
Твердые вещества	10,68	9,48
Оксид азота	1,71	1,09
Масса выбросов загрязняющих веществ, всего	1949,77	148,36
Источник: <a href="http://ecodelo.org/3126-obrabatyvayushchie_proizvodstva-vozdveistvie_osnovnykh_vidov_ekonomicheskoi_i_drugoi_deyatelnost">http://ecodelo.org/3126-obrabatyvayushchie_proizvodstva-vozdveistvie_osnovnykh_vidov_ekonomicheskoi_i_drugoi_deyatelnost</a>		



С учетом такой негативной ситуации в регионе, в начале юбилейного для «ГМК «Норильский никель» 2015 года, был принят масштабный экологический проект по утилизации диоксида серы, который реализуется последовательно. Сначала технологию, которая позволит улавливать не менее 90% серы из отходящих газов, опробуют на Надеждинском заводе, затем перенесут на Медный. Технология позволит выпускать около 600 тыс. тонн серы в год, через год установка с производительностью 280 тыс. тонн серы в год появится на Медном заводе.

Дочернее предприятие ОАО ГМК «Норильский Никель» ОАО «Кольская ГМК» (КГМК), образованное 16 ноября 1998 года, является ведущим производственным комплексом Мурманской области, созданным на базе её старейших предприятий – комбинатов «Североникель» и «Печенганикель», расположенных на Кольском полуострове, введенных в строй в 30–40-х годах прошлого столетия. Одним из видов промышленных отходов в Кольском регионе являются не только металлургические шлаки, но и серосодержащие выбросы, которые утилизируются в небольших количествах. Следует отметить, что при пирометаллургическом способе производства меди технологический процесс включает несколько стадий переработки сырья с получением соответствующего полупродукта, при этом в каждом имеются серосодержащие отходы и выбросы, которые в ходе соответствующих технологических операций накапливаются в отвалах и хвостохранилищах на территориях этих предприятий. Хотя в последние годы темпы роста и развития ряда загрязняющих производств существенно замедлились, огромное количество серных отходов складировается на полигонах и отвалах, а значит, есть осно-

вания полагать, что в ближайшие десятилетия запасы серы возрастут в несколько раз и локализируются в техногенных грунтах. В то же время, являясь важным резервом пополнения объемов минерального сырья, техногенные образования при хранении агрессивно воздействуют на природную среду.

Поэтому в тех странах, где производство технической серы значительно опережает спрос и наблюдается стабильная тенденция к ее перепроизводству, широкое применение нашло новое направление: использование серного вяжущего и ССМ в дорожно-строительных работах. К таким странам относятся Канада, США, Германия, Польша, Саудовская Аравия и ряд других. Одним из ведущих в мире разработчиков, поставщиков и пользователей серополимерасфальтов является компания «Shell». Рецептуры дочерней «Shell Bitumen» успешно применяются в США, Великобритании, Ирландии, Франции и Нидерландах. В последние годы в строительстве стали активно использовать многокомпонентные мелкозернистые бетоны, эффективность применения которых связана с возможностью широкого использования вторичного сырья. То есть у экологически опасных предприятий появилась серьезная причина приступить к экологической модернизации на инновационной основе<sup>9</sup>.

В связи с актуальностью разработки научных основ создания здоровой среды обитания особый интерес представляют вопросы промышленной переработки серосодержащих отходов (ССО) в соот-

<sup>9</sup> Проект Федерального закона «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации (в части регулирования вопросов ликвидации экологического ущерба, в том числе связанного с прошлой хозяйственной деятельностью)». – URL: <http://www.mnr.gov.ru>



ветствии с принципами экологически чистого производства и внедрением инновационных малоотходных технологических процессов. Новыми для российской системы государственного регулирования ООС являются изменения в сфере обращения с отходами производства и потребления, которые уже получили широкое распространение в странах Европейского союза и США. Их перенос на отечественную почву можно признать одним из самых удачных зарубежных заимствований.

Особый научный интерес в соответствии с принципами экологически чистого производства (рециклинга) представляют вопросы промышленной переработки вторичных ресурсов, то есть одновременно поднимается вопрос утилизации серы. Принятый «Норникелем» экологический так называемый «Серный проект» предусматривает в среднесрочной перспективе снижение выбросов в атмосферу диоксида серы с нынешних 1,8 млн. т до 1,4–1,5 млн. т благодаря внедрению новой технологии очистки газов, позволяющей улавливать не менее 90% серы. Из диоксида серы «Норникель» собирается производить около 1 млн. т элементарной серы в год<sup>10</sup>. Однако эксперты говорят, что продать 1 млн. т серы (это более 30% от объема внутреннего потребления серы в России) «Норникелю» будет очень непросто. А это значит, что отработанная сера будет храниться неограниченное время на спецплощадках, складах и хранилищах.

С другой стороны, в настоящее время производство технической серы значительно опережает спрос и наблюдается стабильная тенденция к ее перепроизводству. Заслуживает внимания высокоэффективная, но довольно трудно выполнимая за-

дача: уменьшение количества серных залежей с применением инновационных технологических процессов, когда в результате технологического цикла изготавливается определенный продукт. С этой целью необходимо использовать такой эффективный экономический рычаг, как создание условий, при которых накопленные серные отходы становятся материальным ресурсом, превращающимся на основе инновационных технологий в высококачественные серобетоны, сероасфальтобетоны и серные композиты специального назначения. Это существенно расширит области применения серы и серных отходов, а также степень их утилизации – использование серного вяжущего и серосодержащих строительных материалов (ССМ) в дорожно-строительных работах. Высокие потребительские свойства серосодержащих строительных материалов – низкая стоимость исходного сырья, технологичность серобетонных и растворных смесей, быстрый набор прочности, стойкость к радиационным и другим агрессивным средам, высокая морозо- и водостойкость – делают их конкурентоспособными по отношению к традиционным строительным материалам, которые зачастую не выдерживают сложных климатических условий Севера. А особенность процесса отверждения ССМ позволяет использовать их для бетонирования при отрицательных температурах, значительно сократить сроки выполнения ремонтных работ в условиях действующего производства, где традиционные конструкционные материалы имеют короткий срок эксплуатации, неэффективны, требуют частых ремонтов и более дорогостоящие.

Несомненно, переработка отходов производства в целях оздоровления экологической обстановки является показателем прогресса экоэффективности. Такой

<sup>10</sup> URL: <http://www.izvestia.ru/news/586779#ixzz45vHSUG7R>

положительный экономический ресурс подтверждается опытом северных стран Европы<sup>11</sup>, которые уже сегодня используют от 50 до 70% отходов производства и потребления. К таким странам относятся Канада, США, Норвегия, Финляндия.

Поэтому более реально и плодотворно проблему освоения северных территорий можно решать созданием и применением уникальных технологий в интересах экономического освоения Арктики, народов Севера и их социально-экономических вопросов, для создания инфраструктуры и строительства в суровых условиях.

В связи с освоением Арктики и стратегическими планами развития северных прибрежных территорий для обеспечения национальной безопасности РФ на период до 2020 года<sup>12</sup> предусматривается реконструкция и строительство терминалов, обеспечивающих работу Северного морского пути (СМП). А береговая инфраструктура СМП и основные порты, расположенные вдоль него – Игарка, Дудинка, Диксон, Тикси, Певек, Providения, по мнению большинства российских специалистов, не отвечают ни сегодняшним, ни будущим потребностям их эксплуатации. Поэтому начинать надо с создания специализированных производств, которые дадут возможность применения в строительстве высококоррозионных строительных композиций, содержащих серу и серосодержащие отходы, позволят значительно усовершенствовать технологию и сократить сроки проведения строительных работ, повысить эксплуатационную надежность сооружений, существенно снизить энерго- и трудо-

затраты, вовлечь в строительный процесс крупномасштабное техногенное сырье, решая тем самым не только технологические, но и экологические проблемы.

Очевидно, что специфика северных арктических портов, строящихся и запланированных новых перегрузочных комплексов в Арктической зоне России в связи с освоением месторождений углеводородов, в том числе на континентальном шельфе, потребуют защитных и коррозионно-стойких новых модифицированных строительных материалов. И здесь на многих участках строительных, ремонтных работ могут широко использоваться серобетон и сероасфальт, причем объемы их использования будут зависеть только от возможностей поставки. Кроме того, модифицированные ССМ найдут применение в различных сооружениях: массивах всех видов, применяемых в оградительных или причальных сооружениях, кубах, тетраподах, а также фасонных волногасящих блоках.

Таким образом, важнейшими экономическими предпосылками для организации в северных регионах России производства ССМ и их применения в стройиндустрии и дорожном строительстве являются, с одной стороны, обширная сырьевая база в виде технической серы, серосодержащих отходов (ССО) промышленных производств, сульфидных руд и, с другой стороны, большая потребность народного хозяйства в новых экономичных, долговечных, химически стойких материалах для использования в сложных климатических условиях и в агрессивных средах взамен дорогостоящих материалов на базе портландцементов.

Так как компания «Норильский никель» начала вкладывать серьезные финансовые средства в модернизацию производства («Серный проект» по улавливанию сернистого газа и производству элементар-

<sup>11</sup> Экологическая программа для Европы. – URL: <http://www.base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=INT;n=16073>

<sup>12</sup> URL: <http://www.fb.ru/article/162045/osvoenie-arktiki-rossiy-istoriya-strategiya-osvoeniya-arktiki>



ной серы), то, по мнению авторов, можно решить сразу вопросы комплексного крупномасштабного освоения инновационных технологий по переработке серных техногенных отходов и получению долговечных, химически стойких серосодержащих материалов (ССМ), которые на сегодняшний день являются важными и все более востребованными в связи с освоением арктических прибрежных территорий и решают технические, экологические вопросы и задачи экономической безопасности Арктики.

Организацию производства ССМ целесообразнее проводить на базе уже действующих предприятий (АБЗ, заводы ЖБИ), что не требует высоких затрат и ограничивается только модернизацией заводов. На таких предприятиях уже существует инфраструктура приемки, отгрузки и хранения сырьевых материалов и продукции. В настоящее время в стадии завершения находятся работы по технологическому обновлению оборудования, использованию новых технологий на Цементном заводе ЗФ ОАО ГМК «Норильский Никель», которые позволят повысить конкурентоспособность продукции. Создание опытного производства ССМ при этом заводе или на заводе строительных материалов будет способствовать решению целого ряда актуальных экологических задач, в том числе задачи комплексной переработки крупнотоннажных техногенных отходов и попутного сырья (ССО, хвосты обогатительных фабрик, шлаки, золы и многое другое), существенного сокращения отходов. Физические свойства серосодержащих материалов (ССМ) прямо указывают на необходимость их использования в гидростроительстве, водоотведении и водораспределении (мелиорации). При этом существенный недостаток серобетонов —

низкая термостойкость, которая не имеет значения для гидротехнических бетонов, всегда эксплуатируемых при температурных условиях воды и воздуха окружающей среды.

К гидросооружениям отнесены плотины, водохранилища, собственно гидроэлектростанции, каналы и порты. Для строительства этих сооружений потенциально возможно применение серобетона. Серобетоны в морских гидросооружениях могут быть предпочтительнее цементобетонов в силу их высокой коррозионной стойкости.

Значительные количества серы требуются в процессах пропитки деталей и конструкций из традиционных строительных материалов для придания им большей долговечности. Внедрение этого метода в практику обеспечивает высокий экономический эффект за счет продления жизненности бетонных и особенно деревянных конструкций.

Серный бетон не содержит ни портландцемента, ни воды и быстро усаживается при охлаждении, что делает его пригодным для суровых условий Арктики. Он идеален для использования при изготовлении морских соединительных труб, пригрузов для газо- и нефтепроводов и в случаях, когда трубопровод находится в экстремальных условиях. Водонепроницаемость, способность твердеть под водой, быстрый набор прочности, связанный только с периодом остывания смеси, низкая стоимость исходного сырья определяют высокую востребованность модифицированных серосодержащих строительных материалов (ССМ) в гидротехническом строительстве. Таким образом, наиболее целесообразно применять такие композиционные серобетоны при аварийных работах для предотвращения фильтрации воды под давлением.

Использование ССО позволяет значительно снизить себестоимость изделий и конструкций из серного бетона, расширить сырьевую базу производства стройматериалов за счет рационального использования попутных продуктов и отходов, а также способствует решению одной из важнейших задач современности – защите окружающей среды от загрязнения промышленными отходами.

В связи с экологической очисткой прибрежных территорий и островов Арктической зоны крайне востребованы контейнеры для захоронения радиоактивных и токсичных отходов, вызывающих серьезную озабоченность Запада. Утилизация ядерных отходов и захоронение ядерных реакторов российских подводных лодок, по мнению специалистов из разных стран, работавших по программе арктического мониторинга и оценки, вызывают локальное радиоактивное загрязнение<sup>13</sup>. Однако их негативное влияние сказывается только на российской территории. Основной причиной считается неудовлетворительное техническое состояние специальных объектов хранения на Северном флоте РФ. Возрастает опасность поступления токсичных веществ из мест захоронения химических и радиоактивных отходов на Новой Земле, из накопителей отходов Норильского комбината, содержащих сульфаты, хлориды, медь, никель и другие токсичные вещества.

По мнению Е.В. Королева [6], специфические свойства полимерсерных композиций, в том числе низкий естественный радиоактивный фон, защитные свойства от электромагнитного и радиоактивного излучений создают возможности применения технической серы из специальных составов на основе серного вяжущего. Это одно из

самых перспективных направлений: могут быть созданы коррозионностойкие элементы конструкций специального назначения (контейнеры для захоронения радиоактивных и химических отходов, экранирующие элементы). Созданный материал [15] обладает повышенной прочностью, морозостойкостью, стойкостью к воздействию знакопеременных температур. В предлагаемой технологии в силу высокого сцепления (более 1,7 МПа) обеспечивается надежная совместная работа серобетона с бетонными поверхностями при схожести их деформативных характеристик.

Также эффективно могут применяться серобетоны в «горячих» технологиях, в устройствах отдельных конструктивных элементов гидротехнических сооружений при замене ими традиционных для этой области материалов [11].

В этой связи новые задачи модернизации Севера и более высокие риски внедрения малоотходных технологий не только значимы экологически, но и экономически эффективны. Следует начинать с интеграции современных технологий (хвостовых природоохранных и ресурсосберегающих, основанных на использовании отходов) в производственном процессе, где одной из главных задач является разработка рациональных методов утилизации отходов, в практическую реализацию инновационных продуктов производства серосодержащих материалов [7].

Знаменательным стало бы объединение на одной площадке технологии очисткиходящих газов и производства элементной серы с технологиями получения серосодержащих материалов. Реализация столь масштабной программы в условиях сурового климата Заполярья и колоссальной удаленности промышленных объектов от основных транспортных узлов решила бы многие проблемы снабжения Арктической зоны дорожно-строительными материалами.

<sup>13</sup> Очистка Земли Франса-Иосифа. – URL: <http://www.barentsobserver.com/cppage.823336-116321.htm>



## Литература

1. Борисович, В.Т. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений / В.Т. Борисович, В.В. Чайников // Итоги науки и техники. Сер. «Техника геолого-разведочных работ» / ВИНТИ. – М., 2001. – Т. 15. – С. 85.
2. Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (Расширенное резюме) / Б.А. Моргунов, В.В. Гордеев, А.И. Данилов, А.В. Евсеев, Ю.В. Кочемасов и др. – М.: Научный мир, 2011. – 200 с.
3. Евсеев, А.В. Методологические аспекты регионального природопользования. Региональные проблемы природопользования. Север России / А.В. Евсеев // Региональное природопользование. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 10–67.
4. Техничко-экономическое обоснование целесообразности строительства опытно-промышленной установки по производству серного полимербетона (термопластбетона) и изделий из него на территории Оренбургского ГПЗ ООО «Газпром добыча Оренбург» / Е.А. Журавлев и др. – М.: НИИГазэкономика, 2009.
5. Зайцев, А.К. Рециклинг. Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов в черной металлургии / А.К. Зайцев. – М.: МИСиС, 2011. – С. 428.
6. Радиационно-защитные и коррозионно-стойкие серные строительные материалы / Е.В. Королев, А.П. Прошин, Ю.М. Баженов, Ю.А. Соколова. – М.: Палеотип, 2006. – 272 с.
7. Липина, А.В. Исследование инновационных технологических методов утилизации серосодержащих отходов и технической серы / А.В. Липина // Успехи современной науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 73–76.
8. Липина, С.А. Приоритетные направления и возможности сотрудничества России со странами Азиатско-Тихоокеанского Региона / С.А. Липина, К.С. Зайков // Арктика и Север. – 2015. – № 21. – С. 33–41.
9. Личман, Н.В. Применение серы и золы ТЭЦ Норильского региона при строительстве и реконструкции гидротехнических сооружений / Н.В. Личман // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 8 – С. 29–34.
10. Личман, Н.В. Создание строительных связующих серных композиций как один из путей утилизации золы ТЭЦ / Н.В. Личман, В.Л. Уголков // Сухие строительные смеси. – 2010. – № 3. – С. 32–33.
11. Новиков, Н.И. Использование отходов железорудного сырья на горнорудных предприятиях ОАО «Евразруда» для производства первичного концентрата, строительных материалов и товаров народного потребления» / Н.И. Новиков, В.И. Килин, Ю.Г. Матвеев // Второй международный конгресс «Цветные металлы – 2010». – Красноярск, 2010. – Р. 9. – С. 762.
12. Пат. 2276115 Российская Федерация, МПК С 04 В 12/00. Серное вяжущее / Л.В. Кухаренко, Н.В. Личман, И.В. Никитин. – № 2003136225/03. – 2006. – Бюл. № 13.
13. Пат. 2448924 Российская Федерация, МПК С04В 28/36. Состав для серного бетона / В.Г. Васильев, Е.В. Владимирова, Т.С. Чистякова, А.П. Носов, В.Л. Кожевников, О.М. Шанникова, А.Г. Осминин, Е.С. Агеева, Д.С. Медведева, М.Г. Койтеева, Е.С. Герасимова; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (RU), ООО НПФ «ВОСтЭП». – № 2010125787/03. – 2012. – Бюл. № 12–6. – 117 с.
14. Стратегическая программа действий по охране окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации» («СПД-Арктика»): одобрена Морской коллегией при Правительстве РФ (протокол от 19 июня 2009 г. № 2 (11), раздел I, пункт 2).
15. Федеральная целевая программа «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 гг. – Режим доступа: [http://natbibl.baitek.org/content/402/programma\\_fzp.pdf](http://natbibl.baitek.org/content/402/programma_fzp.pdf) (дата обращения: 25.01.2015).
16. Ческидов, В.В. Проектирование сетей инженерно-геологических изысканий на объектах горнодобывающей промышленности / В.В. Ческидов // Горный журнал. – 2011. – № 12. – С. 24–26.
17. AMAP Assessment 2006: Acidifying Pollutants, Arctic Haze and Acidification in Arctic. Oslo: Published by Arctic Monitoring Programme (AMAP). 112 p.

## Сведения об авторах

Светлана Артуровна Липина – доктор экономических наук, заведующий лабораторией, директор Центра стратегического управления и пространственного развития, Высшая школа государственного управления «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»; ФГБНИУ Совет по изучению производительных сил Минэкономразвития России и РАН (СОПС) (Российская Федерация, 119571, г. Москва, пр. Вернадского, д. 82, корп. 9; Российская Федерация, 117312, г. Москва, ул. Вавилова, д. 7; e-mail: s.lipina@mail.ru)

Константин Сергеевич Зайков – кандидат исторических наук, директор, Арктический центр стратегических исследований Северного (Арктического) федерального университета (Российская Федерация, 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; e-mail: k.zaikov@narfu.ru)

Александра Валерьевна Липина – аспирант, младший научный сотрудник, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»; Высшая школа государственного управления «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (Российская Федерация, 119571, г. Москва, пр. Вернадского, д. 82, корп. 9; e-mail: a.v.lipina@mail.ru)

Lipina S.A., Zaikov K.S., Lipina A.V.

## Introduction of Innovation Technology as a Factor in Environmental Modernization in Russian Arctic

**Abstract.** The paper considers the fundamentals of formation and realization of the modern Russian state environmental policy in the Arctic and analyzes environmental threats and challenges, including the impact of the mining and metallurgical complex on the environment. Coal industry and ferrous and nonferrous metallurgy are considered to be major producers and accumulators of waste. In the smelting of metals slags are formed, which are based on oxides. Sulfur oxides occupy one of the first places according to their negative impact on the environment. The present paper considers environmentally responsible business models in the Arctic, when the priority in management decisions is given to the issues of preserving nature and not just making profit. The main environmental issue is associated with the accumulation of waste in the places of concentration of objects of industry, transport, energy and social sphere in the confined spaces in those areas of the Arctic, where mineral deposits are exploited, raw materials are processed and transported. The industrial processing of secondary resources and recycling of sulfur in accordance with the principles of green production (recycling) are of special scientific interest. The authors propose the following innovative methods for solving the problems of ecological modernization in the Arctic zone of the Russian Federation: utilization of sulfur-containing waste, recycling of technogenic wastes; the paper also analyzes operational and physical-mechanical properties of sulfur-extended asphalt concrete and sulfur concrete, and the possibilities of production of a new generation of building materials and road surfaces. High consumer properties of sulfur-containing construction materials – low cost of raw materials, workability of sulfur concrete and mortar mixes, fast development of strength, resistance to radiation and other aggressive environments, high frost and water resistance – make them competitive with traditional building materials that often cannot withstand the difficult climatic conditions of the North. The use of sulfur-containing waste in various economic sectors in the Arctic zone will significantly



reduce the cost of products and designs and will contribute to the solution of one of the most important tasks of our time – protection of the environment from industrial pollution.

**Key words:** strategic planning, innovation development, sulfur-containing waste, Arctic, waste treatment, recycling.

## References

1. Borisovich V.T., Chainikov V.V. Geologo-ekonomicheskaya otsenka tekhnogennykh mestorozhdenii [Geological and economic evaluation of technogenic deposits]. *Itogi nauki i tekhniki. Ser. "Tekhnika geologo-razvedochnykh rabot"* [Results of science and technology. Series "Technology of geological exploration"]. Moscow, 2001. Vol. 15. P. 85. (In Russian).
2. Morgunov B.A., Gordeev V.V., Danilov A.I., Evseev A.V., Kochemasov Yu.V. et al. *Diagnostichestkii analiz sostoyaniya okruzhayushchei sredy Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii (Rasshirennoe rezюме)* [Diagnostic analysis of the environmental state of the Arctic zone of the Russian Federation (Extended summary)]. Moscow: Nauchnyi mir, 2011. 200 p. (In Russian).
3. Evseev A.V. Metodologicheskie aspekty regional'nogo prirodopol'zovaniya. Regional'nye problemy prirodopol'zovaniya. Sever Rossii [Methodological aspects of regional environmental management. Regional problems of environmental management. The North of Russia]. *Regional'noe prirodopol'zovanie* [Regional environmental management]. Moscow: Izd-vo MGU, 2004. Pp. 10–67. (In Russian).
4. Zhuravlev E.A. et al. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie tselesoobraznosti stroitel'stva opytно-promyshlennoi ustanovki po proizvodstvu sernogo polimerbetona (termoplastbetona) i izdelii iz nego na territorii Orenburgskogo GPZ OOO "Gazprom dobycha Orenburg"* [Feasibility study the for constructing a pilot plant for the production of sulfur polymer concrete (thermoplastic concrete) and its products on the territory of Orenburg gas processing plant OOO "Gazprom dobycha Orenburg"]. Moscow: NIlgazekonomika, 2009. (In Russian).
5. Zaitsev A.K. Retsikling. *Tekhnologii pererabotki i utilizatsii tekhnogennykh obrazovaniy i otkhodov v chernoi metallurgii* [Recycling. Technology for processing and recycling of technogenic formations and wastes in steel industry]. Moscow: MISiS, 2011. P. 428. (In Russian).
6. Korolev E.V., Proshin A.P., Bazhenov Yu.M., Sokolova Yu.A. *Radiatsionno-zashchitnye i korrozionno-stoikie sernye stroitel'nye materialy* [Radiation-protective and corrosion-resistant sulfur construction materials]. Moscow: Paleotip, 2006. 272 p. (In Russian).
7. Lipina A.V. Issledovanie innovatsionnykh tekhnologicheskikh metodov utilizatsii serosoderzhashchikh otkhodov i tekhnicheskoi sery [Investigation of innovative technological methods of disposal of sulfur waste and industrial sulfur]. *Usp ekhi sovremennoi nauki i obrazovaniya* [Achievements of modern science and education], 2016, no. 2, pp. 73–76. (In Russian).
8. Lipina S.A., Zaikov K.S. Prioritetnye napravleniya i vozmozhnosti sotrudnichestva Rossii so stranami Aziatsko-Tikhookeanskogo Regiona [Priorities and capabilities of Russia's cooperation with countries of the Asia-Pacific Region]. *Arktika i Sever* [Arctic and the North], 2015, no. 21, pp. 33–41. (In Russian).
9. Lichman N.V. Primenenie sery i zoly TETs Noril'skogo regiona pri stroitel'stve i rekonstruktsii gidrotekhnicheskikh sooruzhenii [The use of sulfur and ash at cogeneration plants of Norilsk region in the construction and reconstruction of hydraulic structures]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Journal of civil engineering], 2011, no. 8, pp. 29–34. (In Russian).
10. Lichman N.V., Ugolkov V.L. Sozdanie stroitel'nykh svyazuyushchikh sernykh kompozitsii kak odin iz putei utilizatsii zoly TETs [Creation of construction binding sulfur compositions as one of the ways of recycling ash at cogeneration plants]. *Sukhie stroitel'nye smesi* [Dry building mixes], 2010, no. 3, pp. 32–33. (In Russian).
11. Novikov N.I., Kilin V.I., Matveev Yu.G. Ispol'zovanie otkhodov zhelezorudnogo syr'ya na gornorudnykh predpriyatiyakh OAO "Evrazruda" dlya proizvodstva pervichnogo kontsentrata, stroitel'nykh materialov i tovarov narodnogo potrebleniya [Use of waste iron ore by mining enterprises of JSC "Evrazruda" for the production of primary concentrate, construction materials and consumer goods]. *Vtoroi mezhdunarodnyi kongress "Tsvetnye metally – 2010"* [Second international congress "Non-ferrous metals – 2010"] Krasnoyarsk, 2010. P. 762. (In Russian).
12. Kukharenko L.V., Lichman N.V., Nikitin I.V. Sernoe vyazhushchee [Sulfuric binding]. Russian Federation Patent No. 2003136225/03. IPC S 04 V 12/00. 2006. Bulletin No. 13. (In Russian).



13. Vasil'ev V.G., Vladimirova E.V., Chistyakova T.S., Nosov A.P., Kozhevnikov, V.L. Shannikova O.M., Osminin A.G., Ageeva E.S., Medvedeva D.S., Koiteeva M.G., Gerasimova E.S. Sostav dlya sernogo betona [Composition for sulfur concrete]. Russian Federation Patent No. 2448924. IPC S04V 28/36; applicant and owner: Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of RAS, OOO NPF "VOsTEP". No. 2010125787/03. 2012. Bulletin No. 12–6. 117 p. (In Russian).
14. *Strategicheskaya programma deistvii po okhrane okruzhayushchei sredy Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii ("SPD-Arktika")*: odobrena Morskoi kollegiei pri Pravitel'stve RF (protokol ot 19 iyunya 2009 g. № 2 (11), razdel I, punkt 2) [Strategic action program for environmental protection of the Arctic zone of the Russian Federation ("SAP-Arctic")]: approved by the Marine Board under the Government of the Russian Federation (Protocol of 19 June 2009 No. 2 (11), Section 1, Paragraph 2)]. (In Russian).
15. *Federal'naya tselevaya programma "Likvidatsiya nakoplennoego ekologicheskogo ushcherba" na 2014 – 2025 gg.* [Federal target program "Elimination of accumulated environmental damage" for 2014 – 2025]. Available at: [http://natbibl.baitek.org/content/402/programma\\_fzp.pdf](http://natbibl.baitek.org/content/402/programma_fzp.pdf) (accessed: 25.01.2015). (In Russian).
16. Cheskidov V.V. Proektirovanie setei inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy na ob"ektakh gornodobyvayushchei promyshlennosti [Design of networks for engineering-geological surveys for the mining industry]. *Gornyi zhurnal* [Mining journal], 2011, no. 12, pp. 24–26. (In Russian).
17. *AMAP Assessment 2006: Acidifying Pollutants, Arctic Haze and Acidification in Arctic*. Oslo: Published by Arctic Monitoring Programme (AMAP). 112 p.

### Information about the Authors

Svetlana Arturovna Lipina – Doctor of Economics, Higher School of Public Administration under the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Council for the Study of Productive Forces under the Ministry of Economic Development and the Russian Academy of Sciences, Laboratory Head, Director of the Center for Strategic Management and Spatial Development (82, building 9, Vernadsky Avenue, Moscow, 119571, Russian Federation; 7, Vavilov Street, Moscow, 117312, Russian Federation; e-mail: s.lipina@mail.ru)

Konstantin Sergeevich Zaikov – Ph.D. in History, Director, Arctic Center for Strategic Studies, Northern (Arctic) Federal University (17, Northern Dvina Embankment, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: k.zaikov@narfu.ru)

Aleksandra Valer'evna Lipina – Postgraduate Student, Junior Research, Associate, National University of Science and Technology MISiS; Higher School of Public Administration under the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (82, building 9, Vernadsky Avenue, Moscow, 119571, Russian Federation; e-mail: a.v.lipina@mail.ru)

Статья поступила 09.09.2016.