

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Экология

УДК 622.371.1/7:504.3.054 (571.56)

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-54-66

Реализация экологических инициатив АК «АЛРОСА» (ПАО) по достижению углеродной нейтральности

А.Ю. Масанов^{1,*}, П.С. Анисимова², А.В. Толстов³, А.Х. Шеремет¹,
М.А. Дубовичев¹, Н.С. Зимов⁴

¹Центр инноваций и технологий АК «АЛРОСА» (ПАО), Москва, Россия

²Экологический центр АК «АЛРОСА» (ПАО), Москва, Россия

³НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО), Мирный, Россия

⁴Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

*MasanovAYu@alrosa.ru

Аннотация. В связи с глобальными изменениями климата перед крупными промышленными компаниями встают задачи по снижению выбросов парниковых газов и реализации климатических проектов, способствующих поглощению и захоронению углекислого газа (CCS). Подробно рассмотрены разработки группы компаний «АЛРОСА» при реализации задач по достижению углеродной нейтральности, ESG-проектов, механизмов управления климатическими рисками и проектов, снижающих выбросы парниковых газов, в 2016–2020 гг. Рассмотрено участие компании в реализации масштабного проекта по созданию высокопродуктивной экосистемы в Арктике "Плейстоценовый парк", а также начало разработок уникального в мировых масштабах CCS-проекта по поглощению кимберлитовой рудой углекислого газа из атмосферного воздуха при ее добыче и переработке.

Ключевые слова: АЛРОСА, углекислота, «Плейстоценовый парк», кимберлиты, углеродная нейтральность, CCS.

Введение

Климатическая повестка в среднесрочной и, особенно, в долгосрочной перспективе стала заметным фактором, оказывающим воздействие на деятельность как государств, так и крупных компаний в любых отраслях и секторах. Сложившееся понимание причин изменения климата ведет к трансформации условий ведения бизнеса и деятельности компаний, отраслевых объединений, государств и международных организаций.

Проблема климатических изменений становится вызовом, ставящим перед мировым сообществом задачи по усилению ограничений по выбросам и принятию действий, направленных на реализацию климатических проектов, способствующих поглощению и захоронению углекислого газа [1].

Другим важным направлением работы, особенно важным для арктических и субарктических регионов, таких как Республика Саха (Якутия), является предотвращение цепных изменений, вызванных глобальным потеплением. К таковым, в первую очередь, относится противодействие (или замедление) таянию «вечной» мерзлоты, что также может привести к ускорению климатических изменений за счет высвобождения из мерзлоты углекислого газа и метана [2].

Драйвером развития выступает усиление международной повестки [3]. Россия участвует в основных международных соглашениях по климату, являясь стороной в Рамочной конвенции ООН об изменении климата, Киотского протокола к ней, а также Парижского соглашения. «АЛРОСА» приступила к разработке экологиче-

ской и климатической стратегий до 2030 года с горизонтом до 2050 года. Стратегическим консультантом по проекту стала международная консалтинговая компания McKinsey & Company.

Так или иначе, мировое сообщество диктует новые стандарты устойчивого развития, важным элементом которых является глобальный переход от углеродного следа к низкоуглеродному. Регуляторы, формирующие стратегические программы развития экономики, начинают пересматривать свои приоритеты и подают стимулирующие сигналы к развитию «зеленой» экономики.

На национальном уровне в России разрабатываются стратегические документы в области противодействия и адаптации к климатическим изменениям, действуют меры, направленные на сокращение выбросов парниковых газов. Принят федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» (вступит в силу с 30.12.2021) [5], который является первым шагом в создании российского законодательства, позволяющего осуществить углеродное регулирование. Закон дает право юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям реализовывать климатические проекты, направленные на сокращение выбросов парниковых газов или увеличение их поглощения. Предполагается, что в дальнейшем будут установлены критерии отнесения проектов к климатическим и определен порядок верификации их результатов (на уровне ведомственных актов). Ожидается, что появление данного механизма позволит российским организациям снижать углеродный след производимой продукции. Кроме того, закон вводит количественные показатели – углеродные единицы, которые будут регистрироваться в специальном реестре, а их обращение фиксироваться [6].

Россия заявила о планах до 2030 г. обеспечить сокращение объема выбросов парниковых газов на 70 % относительно уровня 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития – в целях реализации Парижского соглашения [7]. Кроме того, Главой государства поставлены цели обеспечения углеродной нейтральности не позднее 2060 г. Эти цели закреплены в разработанной Минэкономики РФ Стратегии низкоуглеродного развития РФ до 2050 г. [8], которая выбирает приоритетом интенсивный сценарий, предполагающий снижение

выбросов парниковых газов на 79 % к 2050 г. и связывает низкоуглеродную трансформацию с экономическим ростом.

Достижение поставленных общих целей может быть обеспечено за счет общей вовлеченности производственных компаний топливно-энергетического, обрабатывающего, машиностроительного, транспортного, химического, металлургического, горнодобывающего и др. комплексов, производственных кластеров и объединений, предприятий нефтяной, газовой и угольной промышленности, атомной энергетики и других секторов экономики, включая лесопромышленный комплекс, растениеводство и животноводство. Вклад, прежде всего, крупных предприятий перечисленных секторов экономики России будет залогом успеха в достижении поставленных целей.

Вклад «АЛРОСА» в достижение целей углеродной нейтральности

Группа компаний «АЛРОСА» — крупнейшая алмазодобывающая компания мира, на долю которой приходится порядка 28 % мирового производства алмазов. В среднем каждый четвертый камень на мировом рынке добыт в России. «АЛРОСА» является мировым лидером не только по объему производства алмазов, но и по минерально-сырьевой ресурсной базе, располагая учтенными запасами в недрах в размере более 1 млрд карат.

Бизнес компании сфокусирован на разведке, добыче и продаже алмазов. География Группы «АЛРОСА» охватывает 10 регионов России и 9 стран мира. Однако основные мощности Группы расположены в России — в Республике Саха (Якутия) и Архангельской области, т. е. районах Крайнего Севера – Арктики и Субарктики.

Производственные мощности «АЛРОСА» включают 8 карьеров, 3 рудника и 8 россыпных месторождений в России. Добыча ведется преимущественно в условиях многолетней мерзлоты и сложного резко-континентального климата, где столбик термометра показывает ниже нуля не менее 7 месяцев в году, и именно здесь изменение климата, вызванное глобальным потеплением, видится наиболее наглядно.

Цели, задачи и показатели результативности поставлены в Программе в области устойчивого развития на 2021–2025 гг. для Группы «АЛРОСА» [9], включая АК «АЛРОСА» (ПАО) и ее дочерние и зависимые организации (ДЗО) алмазно-брилли-

антового комплекса (АБК), ведущие деятельность на территории Российской Федерации, а именно: АК «АЛРОСА» (ПАО); АО «Алмазы Анабара»; ПАО «Севералмаз»; АО «ПО «Кристалл»; ООО «Бриллианты АЛРОСА» и др.

Сохранение и защита здоровой и благоприятной для жизни природной среды является неотъемлемым условием деятельности Компании. «АЛРОСА» стремится постоянно совершенствовать систему управления, внедрять современные передовые технологии и повышать экологическую осведомленность заинтересованных сторон в целях минимизации рисков негативного воздействия своей деятельности на окружающую среду.

«АЛРОСА» уделяет пристальное внимание вопросам экологии, социальной ответственности и корпоративного управления (Environmental, Social, and Corporate Governance, ESG) и соответствует самым высоким стандартам корпоративной социальной ответственности (Corporate social responsibility, CSR). Компания ежегодно реализует более 500 социальных проектов и природоохранных инициатив, направляя на них около 8 % выручки ежегодно в рамках своей глобальной программы «Алмазы помогают» (Diamonds that Care). В 2020 г. социальные и экологические инвестиции «АЛРОСА» превысили \$216 млн (около 16 млрд рублей), что сопоставимо с вложениями в техническое перевооружение, добывающие мощности и инфраструктуру на уровне 20–25 млрд рублей в год.

В «АЛРОСА» разработана и внедрена методика по количественному определению объема выбросов парниковых газов, в эквиваленте CO₂, от производственных площадок. Прослеживается устойчивая тенденция по снижению объемов выбросов, что соответствует плану мероприятий по обеспечению к 2020 г. сокращения объемов выбросов парниковых газов до уровня не более 75 % от объема выбросов в базовом 1990 г.

Охрана окружающей среды и меры по замедлению изменения климата являются неотъемлемой частью ESG-обязательств, взятых компанией. «АЛРОСА» ответственно подходит к решению глобальной проблемы изменения климата и прилагает значительные усилия по внедрению энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий добычи и производства, позволяющих сократить углеродный след. В соответствии с Программой в области устойчивого развития на 2021–2025 гг. компания приняла на себя обяза-

тельства по последовательному сокращению выбросов парниковых газов и внедрению механизмов управления климатическими рисками в течение ближайших пяти лет. Достижение этой цели предусматривает реализацию целого ряда проектов и внедрения современных технико-технологических решений. В этой связи проект по переводу автомобильного транспорта с бензинового и дизельного топлива на природный газ является одним из наиболее значимых.

Проект по переводу части автомобильного транспорта на сжатый природный газ (КПГ) – наиболее экономичное, экологичное и безопасное топливо – запущен в 2015 г. На сегодня на КПГ переведено более 300 единиц автомобильной техники в г. Мирный и пос. Айхал. К 2024 г. компания планирует расширить проект на другие активы и перевести на природный газ дополнительно 166 единиц транспорта в Удачном и Ленске. Таким образом, доля автотранспорта, работающего на газе, будет доведена до 37 % от общего размера автопарка.

Реализация данного проекта позволила «АЛРОСА» не только сократить расходы на топливо (примерно в 2,6 раза на 1 км пробега в газовом режиме), но и снизить выбросы парниковых газов в CO₂-эквиваленте по сравнению с выбросами транспорта, работающего на бензине и дизеле, – на 13 % на 1 км пробега в среднем по парку транспорта, использующего более экологичное газомоторное топливо. Инвестиции Компании на реализацию проекта до 2024 г., по оценкам Компании, превысят 650 млн рублей, из которых более 450 млн рублей было направлено за период с 2015 по 2020 г. на создание необходимой инфраструктуры, приобретение оборудования и переоборудование автотранспорта.

Расширение применения энергоэффективных видов топлива корпоративным транспортным парком является одним из приоритетных направлений деятельности «АЛРОСА» в области повышения экологичности производства и снижения антропогенной нагрузки на климат.

В настоящее время идет разработка Экологической и климатической стратегии группы «АЛРОСА», ее разработка осуществляется с учетом планируемого законодательного регулирования выбросов парниковых газов, направленного на стимулирование участников рынка к развитию климатических проектов. Утверждение стратегии ожидается в середине 2022 г., она будет содержать задачи и целевые показатели ре-

зультативности по существенным аспектам воздействия на окружающую среду, методику реагирования на изменение климата, создание механизмов оценки и управления климатическими рисками.

Основной задачей, возложенной на компанию регуляторами, является обеспечение к 2025 г. удельного показателя выбросов парниковых газов на уровне не выше 0,03 т CO₂-эквивалента на 1 карат произведенной продукции ежегодно. При этом внутренние стандарты, которыми руководствуется группа компаний «АЛРОСА», оказываются выше и жестче, чем требования, возлагаемые регуляторами. Удельные выбросы парниковых газов (score 1 + score 2) уже в 2020 году не превысили 0,022 т на карат производимой продукции [10].

Кроме того, если сравнивать этот показатель с другими мировыми алмазодобывающими компаниями (см. таблицу), то «АЛРОСА» в обозримой перспективе, когда этот показатель стал объектом мониторинга, ни разу не был превышен, в то время как другие мировые лидеры алмазодобычи превышают этот показатель в несколько раз. И это касается только мер, направленных на снижение выбросов парниковых газов, подробно рассматриваемых в настоящей статье, хотя стоит упомянуть и о других мерах, осуществляемых Экологическим центром «АЛРОСА», которые также положительно влияют на окружающую природную среду.

К ним относятся работа по сокращению к 2025 г. удельного объема воды, забираемой из поверхностных природных источников, удельного объема сточной очищенной воды, сбрасываемой в поверхностные природные источники, увеличение удельной массы утилизированных и обезвреженных производственных отходов, уменьшение годового объема отработанных земель, выполнение работ по лесовосстановлению на площади, равной площади вырубленных лесных насаждений. Обеспечение объема финансирования проектов по сохранению и восполнению биологического разнообразия предусматривается на уровне не менее 20 млн рублей ежегодно.

Полученные результаты и начатая АК «АЛРОСА» (ПАО) работа по поставленным задачам являются залогом значительного вклада компании в достижение общих задач, поставленных новыми вызовами и угрозами в части изменения климата, поэтому уже в настоящее

Таблица 1

**Удельные выбросы парниковых газов
в CO₂-экв., т/карат¹**

Table 1

**Specific greenhouse gas emissions
in CO₂-eq., T / carat¹**

Компания Company	2016	2017	2018	2019	2020
ALROSA	0,029	0,027	0,027	0,015	0,022
De Beers	0,070	0,050	0,050	0,060	н/д
Petra Diamonds	0,160	0,150	0,140	0,120	н/д
Lucara Diamond	0,090	0,150	0,110	0,060	н/д
Gem Diamonds	1,040	1,290	1,270	н/д	н/д

¹ Данные из годовых отчетов компаний.

¹ Data from annual reports of the companies.

время «АЛРОСА» занимает ведущие позиции в ESG-рейтингах в 2020 г. (рис. 1 [11]).

«Плейстоценовый парк»

В сентябре 2021 г. «АЛРОСА» стала официальным партнером «Плейстоценового парка» [12] – масштабного экологического проекта по созданию высокопродуктивной пастбищной экосистемы в Арктике, подобной экосистеме Мамонтовых степей, доминировавшей на севере Евразии в позднем плейстоцене. Согласно гипотезе отечественного ученого С.А. Зимова, которую он последовательно защищает с 1989 г. [13], пастбища с разнообразным животным миром, аналогичные тем, которые были распространены по всему Северному полушарию и Арктике более 15 тыс. лет назад, препятствуют таянию многолетней мерзлоты и через ряд экологических механизмов оказывают охлаждающий эффект на климат.

Территория России это ~60 % многолетней мерзлоты, которая имеет наибольшее распространение в Восточной Сибири и Забайкалье. Останки животных и растительности в мерзлых отложениях являются крупнейшим резервуаром органического углерода – потенциально опасного источника парниковых газов. По оценкам экспертов, в мерзлоте запасено более 1,6 трлн т углерода. В случае если мерзлота растает, углерод преобразуется в углекислый газ и метан, значительно усиливая парниковый эффект, что станет глобальной проблемой для всей планеты.

«Плейстоценовый парк», основанный в 1996 г., расположен в Нижнеколымском районе Якутии, в 30 км от пос. Черский, занимает территорию в

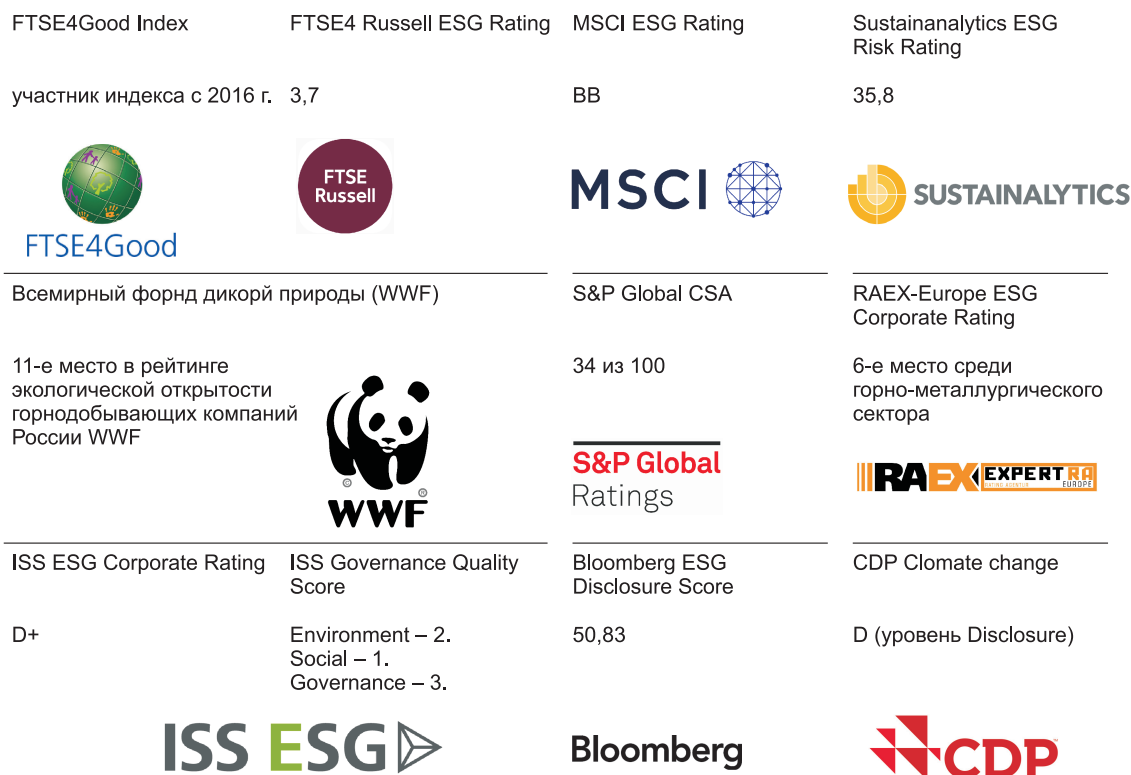


Рис. 1. Положение «АЛРОСА» в мировых ESG-рейтингах.

Fig. 1. ALROSA's position in the global ESG Ratings.

14,4 тыс. га. Это масштабный эксперимент по воссозданию экосистемы, доминировавшей в Арктике в позднем плейстоцене с высокопродуктивными пастбищами, высокой плотностью животных и высокой скоростью биокруговорота.

Создателями проекта и независимыми учеными заявляются следующие экологические механизмы [14–20]:

- зимой животные через выпас нарушают теплоизолирующий снежный покров, что позволяет сильнее промораживать почвы и мерзлоту;

- пастбищные экосистемы оказывают прямой охлаждающий эффект на климат через эффект альбедо – более светлые летние, и особенно зимние, пастбища отражают большую часть солнечной энергии, тем самым напрямую понижая температуру воздуха;

- богатая экосистема с множеством трав и злаков формирует очень большую и мощную экосистему. В отличие от мхов и лишайников травы формируют глубокую корневую систему, которая создается из углекислого газа атмосферы. Установление высокопродуктивных травяных сообществ на больших территориях может быть устойчивым механизмом поглощения пар-

никовых газов из атмосферы. В Арктике почвы имеют гораздо более высокий потенциал накопления органики по сравнению с наземной биомассой (например, в стволах деревьев), а кроме того, углерод в почве не подвергается лесным пожарам;

- пастбищные экосистемы хорошо испаряют поверхностную влагу, что приводит к постепенному уменьшению площади заболоченных участков и, соответственно, эмиссии метана.

Проект получил научное обоснование в публикациях в ведущих международных изданиях включая журнал Science [15], других [16–19], в том числе совместно с Оксфордским университетом [19]. Полученные более чем за 20 лет результаты позволяют говорить о комплексном положительном эффекте от восстановления в зоне многолетней мерзлоты. По экспертным оценкам, если таяние мерзлоты продолжится существующими темпами, то объем выбросов углекислого газа и метана из растаявшей древней почвы с «ожившими» в ней бактериями приведет к многократному усилению потепления климата и делает бессмысленным и неисполнимым Парижское соглашение.

В рамках реализации проекта «Плейстоценовый парк» за последние 12 лет были успешно интродуцированы следующие виды животных: американские бизоны, яки, якутские лошади, верблюды, северные олени и другие. В настоящий момент проводятся работы по адаптации животных к условиям Крайнего севера и через эффект зоомелиорации происходит постепенное улучшение продуктивности пастбищ, достигающееся как через увеличение плодородия трав и злаков, так и за счет изменения видового состава растительности на территории «Плейстоценового парка».

Наработанная за долгие годы практика сможет позволить масштабировать эксперимент на просторах, ограниченных только географическими границами регионов. Кроме того, парк является партнером международного эксперимента по генетическому «возрождению» мамонта. Помощь этому масштабному эксперименту, особенно сейчас, является крайне полезным действием для достижения целей общемирового уровня.

Кроме того, Экологический центр «АЛРОСА» реализует собственный схожий проект по разведению животных в регионе под названием «Живые алмазы» [21].

Поглощение CO_2 из воздуха за счет карбонизации кимберлита

В текущем году «АЛРОСА» завершила первую серию научных исследований поглощения кимберлитом углекислого газа из атмосферы [22]. Предварительные оценки результатов проведенных экспериментов подтверждают гипотезу о способности поглощения кимберлитовой рудой значительных объемов CO_2 . Способность ультраосновных пород поглощать углекислый газ из воздуха давно известна и упоминается в научной литературе. Однако это явление не имело практического интереса и изучалось только в геологическом аспекте с целью геохимических поисков алмазных месторождений по продуктам разложения кимберлитов в условиях воздействия атмосферного воздуха и воды [23]. Интерес к этому явлению вновь возник в связи с новой климатической повесткой, которую диктует запрос мирового сообщества.

В природе все системы стремятся к равновесию, поэтому всегда что-то основное (или то, что дает щелочную среду) взаимодействует с чем-то кислотным; в атмосферном воздухе это главным образом CO_2 . Кимберлит также являет-

ся типичной ультраосновной породой с переменным составом [24]. Петрогеохимические характеристики кимберлитов обуславливают специфику состава [25], при котором среди минералов, составляющих основы кимберлитовых пород, наибольшую реакционную способность для взаимодействия с углекислым газом воздуха имеют такие породообразующие минералы, как оливин, флогопит и клинопироксен [26]. Петрохимия кимберлитов, так или иначе, связана с их алмазонасностью, что является основой для принятия решения об отработке месторождения, однако на это счет имеются различные воззрения [27].

В 2021 г. Центр инноваций и технологий совместно с Научно-исследовательским геологическим предприятием (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО) и экспертами Института общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН провели химические исследования гипотезы о возможности поглощения кимберлитовой рудой углекислого газа из воздуха при ее переработке.

Объектами исследований были образцы керна исходной руды с глубоких горизонтов трубки Удачная и продуктов ее переработки, прошедших полный технологический цикл обогащения и извлечения алмазов на фабрике Удачинского ГОКа и помещенных в резервуары хвостохранилища на хранение. Химический состав проб, которые находились в хвостохранилище от 1 месяца до 10 лет, сравнивался с химическим составом исходной руды из керна скважин. Отобранные образцы исследовались с помощью ИК-спектроскопии, CHN-элементного анализа, а также рентгенодифракционной спектроскопии. В итоге были установлены следы химического преобразования исходной руды под воздействием воды и углекислого газа из атмосферы за несколько лет.

Результаты изучения полученных проб подтвердили предположение – в образцах отработанной породы из хвостохранилища были обнаружены продукты реакции карбонизации минералов, составляющих кимберлит. Такие реакции могли происходить только путем поглощения из воздуха на этапе обогащения и пребывания в хвостохранилище некоторое время. В случае ультраосновной руды – кимберлита трубки Удачная – расчетное поглощение достигает 80 кг на 1 т исходной руды за счет преобразования исходных минералов (оливина, флогопита и клинопироксена) и накопления карбонатов и гидрокарбонатов в форме кальцита и доломита.

Следует отметить, что АЛРОСА – не первая алмазодобывающая компания, которая заинтересовалась этим эффектом. В 2016–2018 гг. Anglo American и De Beers проводили подобные исследования потенциала компенсации выбросов парниковых газов за счет карбонизации переработанного кимберлита и получили схожие результаты [28]. В настоящее время подобные работы на Западе продолжает исследовательская группа CarbMinLab из Колумбийского университета [29]. Объектами исследований De Beers были алмазные рудники в ЮАР и Канаде. Их результаты показали сильную зависимость способности поглощения углекислого газа из воздуха при переработке руды от ряда факторов: первый, и самый главный, из них – химический состав исходного кимберлита. Потенциал поглощения просто ошеломляющий: если пропускать углекислый газ через водную взвесь кимберлита, то его совокупное поглощение может достигать 342 кг на 1 т для так называемого черного кимберлита (из-за наличия в составе свежего неизмененного оливина) [30].

Кимберлиты различных трубок по своему химическому составу достаточно вариативны, минеральный состав их может сильно различаться [23–27]. Ведущую роль в интенсивности процесса карбонизации играет количество кремнезема в кимберлите: чем больше в исходной породе кварца, тем более низкую основность она имеет и тем менее она сможет вступать в реакцию с углекислым газом [31]. И наоборот, чем больше в исходном кимберлите ультраосновных минералов – оливина, флогопита, пироксена и др., тем способность поглощения выше. Содержание последних в свою очередь обусловлено тем, насколько кимберлит, слагающий трубку, сохранил свой исходный химический состав за последние 300–350 млн лет с момента образования в среднем палеозое, когда она представляла собой подземную часть вулкана, возникшего на одном из протоконтинентов. За это долгое время от вулкана ни осталось и следа, а то, что осталось от протоконтинентов, стало частью современных материков. Алмазы, которые выносила лава этих вулканов, добываются сейчас главным образом в Африке, Канаде и Якутии.

Там, где кимберлитовая трубка подвергалась сильному воздействию грунтовых вод и CO_2 , который эти воды несли с поверхности, руда подвергалась сильным преобразованиям (Африка), и сегодня их потенциал поглощения невысок, в

то время как другие кимберлитовые трубки пребывали в течение длительного времени в сравнительно инертных условиях (Крайний Север) и максимально сохранили оливин и флогопит. Примером первых могут быть кимберлиты Архангельской алмазонасной провинции (крупнейшие в Европе коренные месторождения алмазов, которое также разрабатывает «АЛРОСА») – они представляют собой большей частью сапонитовую глину – конечную форму химического преобразования кимберлитовой руды, поэтому в них большого потенциала поглощения CO_2 ожидать не стоит. Примером вторых являются кимберлиты Якутии, – изученной нами трубки Удачная и, особенно, Верхнемунского месторождения. Полученные нами результаты для якутских кимберлитов, мало подверженных химическим преобразованиям в течение миллионов лет с момента своего образования, превзошли самые смелые ожидания.

Если сравнивать климатический проект «АЛРОСА» с другими проектами CCS (Carbon capture & Storage), заявленными и реализуемыми в мире, то у первого есть ключевое преимущество, которое выгодно отличает его от последних, и связано оно с тем, что поглощение происходит самопроизвольно и уже экономически оправдано добычей алмазов, в отличие от проектов CCS, так или иначе связанных с форсированным внедрением CO_2 из воздуха в ультраосновные породы посредством растворения в воде и закачкой в недра базальтовых пустот на глубины от 500 м [32]. Это требует значительных энергетических затрат. Самый успешный на сегодня проект Orca Carbmix, реализованный в Исландии швейцарской компанией Climeworks, даже при синергии с одной из крупнейших в мире геотермальной электростанцией Хедлисейли, требует больших операционных затрат. По признанию авторов проекта [33], стоимость утилизации CO_2 сейчас превышает 600 US\$/т, а целевой конкурентной стоимостью, к которой обращены стремления разработчиков, является 100–150 US\$ за 1 т CO_2 .

Способность кимберлитовой руды самопроизвольно поглощать углекислый газ из воздуха является естественным надежным природным способом захватывать, поглощать CO_2 и утилизировать его в виде конечных продуктов – карбонатов кальция и магния как основы осадочных пород на Земле. Причем, этот способ гораздо надежнее чем, например, поглощение CO_2 де-

ревьями, поскольку деревья накапливают углерод активно только на первых стадиях своего роста, а кроме того, случается, что деревья горят во время частых летних пожаров, с соответствующими обратным эффектом и выбросами в атмосферу CO_2 , а карбонат утилизирует его навечно.

Исходя из факторов, увеличивающих потенциал поглощения углекислого газа при переработке кимберлита по сравнению с ведущими западными алмазодобывающими компаниями, можно предположить, что во-первых, в обогатительных фабриках «АЛРОСА» предварительная подготовка добытой руды происходит в больших барабанных мельницах в присутствии большого количества воды, а вода при этом играет роль транспорта CO_2 , растворимость которого в воде гораздо больше, чем его содержание в воздухе. Во-вторых, растворимость CO_2 , как, впрочем, и других газов, в воде тем больше, чем вода холоднее, а поэтому якутский климат, отличающийся своей суровостью, идет на помощь процессу.

Для подтверждения полученных результатов начатые «АЛРОСА» исследования продолжены на действующих предприятиях Архангельской области и Якутии (Ломоносовский ГОК, Айхальский и Удачный ГОКи, включая Верхнемунское месторождение, Нюрбинский и Мирнинский ГОКи) до конца 2023 года с участием ведущих научных центров геологии и геохимии. Если на других месторождениях, разрабатываемых

Компанией, будут получены схожие результаты, то можно будет уверенно сделать вывод, что поглощение углекислого газа при разработке этих месторождений, по предварительной оценке, в 2–3 раза превышает эмиссию парниковых газов (в эквиваленте CO_2), продуцируемых АК «АЛРОСА» при добыче, обогащении и последующей работе вплоть до конечной продукции – бриллиантов, поставляемых на мировой рынок. Потенциал компенсации выбросов был изучен в [22]. Полученное значение поглощения углекислого газа в течение 10 лет жизненного цикла отходов обогащения кимберлитовой руды трубки Удачная, разрабатываемой Удачным ГОКом, позволяет в первом приближении дать оценку потенциала компенсации выбросов парниковых газов предприятиями группы компаний АК «АЛРОСА» за счет поглощения углекислого газа кимберлитовыми породами. Согласно данным Отчета об устойчивом развитии за 2020 г. [9] и показателям ESG группы «АЛРОСА» [10], количество руды, переработанной в 2017, 2018, 2019 и 2020 гг. составляет 39132, 40488, 41252 и 29686 тыс. т соответственно.

Если допустить, что поглощение углекислого газа на других рудниках, разрабатываемых предприятиями группы, имеет близкие значения (8,2 мас. %), и сравнить его с данными по эмиссии эквивалента углекислого газа, опубликованными в том же отчете, то можно вычислить

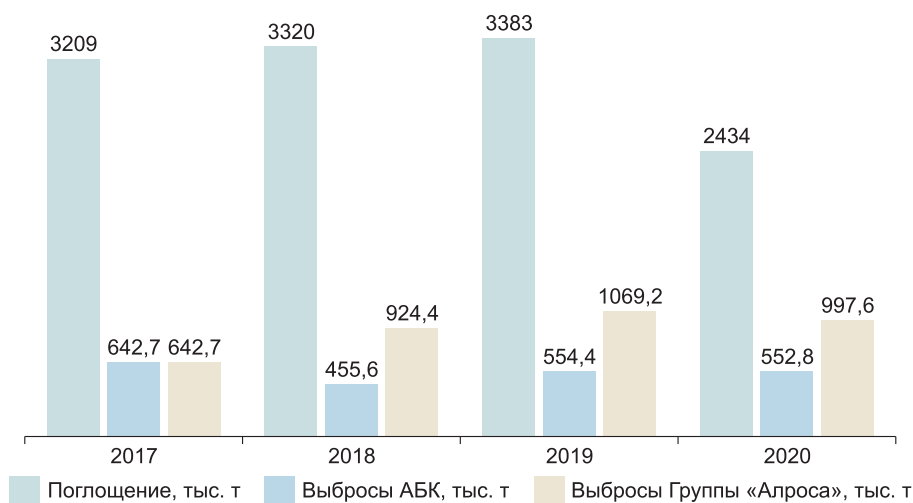


Рис. 2. Соотношения поглощения углекислого газа (CO_2) и эмиссии эквивалента CO_2 предприятий алмазно-бриллиантового комплекса (АБК) АК «АЛРОСА» (ПАО) и предприятий Группы «АЛРОСА» в 2017–2020 гг.

Fig. 2. Ratio of carbon dioxide (CO_2) absorption and CO_2 equivalent emissions by diamond complex ALROSA (PJSC) and ALROSA Group in 2017–2020.

потенциал компенсации. Потенциал поглощения углекислого газа составляет 2,4 млн т в 2020 г. и может превышать в 4,4 раза эмиссию эквивалента углекислого газа, продуцируемую алмазно-бриллиантовым комплексом (АБК) АК «АЛРОСА» (ПАО), ПАО «Севералмаз», АО «Алмазы Анабара» за этот период, и в 2,4 раза – эмиссию группы компаний «АЛРОСА» (рис. 2).

Таким образом, основываясь на первых экспериментальных данных, полученных в результате изучения кимберлитов трубки «Удачная» и отходов их обогащения, можно уже достаточно высоко оценить потенциал компенсации поглощения углекислого газа за счет естественной карбонизации перерабатываемой кимберлитовой руды, что планируется подтвердить начатыми дальнейшими масштабными исследованиями.

Заключение

Запросы на устойчивое развитие бизнеса в экологическом, социальном и корпоративном направлении становятся все более востребованными, а их влияние – более ощутимым. Именно поэтому промышленные игроки (в том числе горнодобывающие компании), способные внедрять новейшие экологические практики и снижать углеродный след своей деятельности, в последующие десятилетия получают новое восприятие в деловом и инвестиционном сообществе, а укрепление позиций в рейтингах ESG напрямую повлияет на открытость рынков для их продукции.

Поколения инвесторов меняются, а общемировые тренды приводят к тому, чтобы бизнес совершал ответственные общественно полезные поступки, в том числе участвовал в экологических и климатических проектах и следовал принципам равенства. К промышленным «гигантам» отношение еще строже: им приходится не просто участвовать в инициативах по защите окружающей среды, но и значимо снижать вредные выбросы от деятельности своих предприятий.

«АЛРОСА» – не самая крупная среди горнодобывающих компаний мира, но при этом лидирующая по добыче алмазов, с крупными производственными активами, расположенная в арктическом регионе, в котором глобальное изменение климата чувствуется гораздо сильнее, чем где бы то ни было. Именно поэтому проблемы глобального изменения климата воспринимается в Компании не как мифическая абстракция, а как види-

мая реальность, особенно наглядная там, где ведется производственная деятельность. При этом внутренние стандарты компании по эмиссии парниковых газов гораздо жестче предписываемых регулятором. Целевые показатели к 2030 г. были достигнуты Компанией уже в 2016 году. Экологические инициативы «АЛРОСА» в 2020 г. превысили \$216 млн (около 16 млрд рублей), реально снижены объемы выбросов парниковых газов за счет перевода транспорта на КПП и за счет других инициатив компании, включая создание необходимой инфраструктуры, применение энергоэффективных решений и снижение антропогенной нагрузки на климат.

Официальное партнерство «АЛРОСА» с проектом по преобразованию экосистемы Арктики «Плейстоценовый парк», включающее помощь в создании экспериментальной площадки для масштабного подтверждения «эффекта Зимова» *in situ*, является фундаментальным вкладом в борьбу с общемировыми вызовами таяния мерзлоты и предотвращения «взрывного» изменения климата на стадии, когда оно еще может быть обратимо. Важность этого мероприятия будет оценена только спустя значительное время.

Последним, по повествованию, но не по значимости, является экспериментальное подтверждение поглощения кимберлитом, перерабатываемым ГОКах Компании, углекислого газа из атмосферы. Полномасштабные работы по исследованию этого явления будут продолжены до конца 2023 г., но уже согласно предварительным оценкам эффект от такого поглощения может в несколько раз превышать эмиссию парниковых газов со стороны Компании и ее дочерних обществ в совокупности. А само явление может лечь в основу нового Климатического проекта, реализуемого компанией и не имеющего прецедентов в мире. И это – весьма серьезный вклад алмазной компании в углеродную нейтральность.

Литература

1. Масанов А.Ю. Кимберлит поглощает CO₂: как это повлияет на рынок и реализацию ESG-стратегий компаний // Золотодобыча. 2021. № 9 (274). С. 35037.
2. Анисимов О.А., Зимов С.А., Володин Е.М., Лавров С.А. Эмиссия метана в криолитозоне России и оценка ее воздействия на глобальный климат // Метеорология и гидрология. 2020. № 5. С. 131–143.
3. Климатическая повестка России: реагируя на международные вызовы, ЦСР, январь 2021:

- [Эл. версия] <https://www.csr.ru/upload/iblock/521/521091011093dc8b5ece74cdd8552680.pdf>
4. PCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team / R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
 5. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031>
 6. <https://www.rbc.ru/opinions/economics/20/09/2021/61489ee09a79479eafb96584>
 7. Указ Президента РФ от 04.11.2020 г. № 666 <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990>
 8. Стратегия долгосрочного развития Российской федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [Электронный ресурс]: https://www.economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf
 9. Группа АЛРОСА Отчет об устойчивом развитии 2020: [Электронная версия]. http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2021/06/ALROSA_SR_2020_RU.pdf
 10. Группа АЛРОСА Показатели ESG: [Электронный ресурс]. URL: http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2021/08/ALROSA_ESG_Databook_RUS.xlsx
 11. Данные из годовых отчетов компаний. <https://www.spglobal.com/esg/csa/>; <https://www.msci.com/our-solutions/esg-investing/esg-ratings>; <https://www.sustainalytics.com/esg-rating/alrosa-pjsc/1016258005>; <https://www.ftserussell.com/products/indices/ftse4good>; <https://www.bloomberg.com/professional/solution/sustainable-finance/>; https://www.wwf.ru/upload/iblock/f66/GR_2020_rus_web.pdf
 12. <https://pleistocenepark.ru/news/>
 13. Зимов С.А., Чупрынин В.И. Устойчивые состояния экосистем Северо-Востока Азии // Докл. АН СССР. 1989. Т. 308, № 6. С. 1510–1514.
 14. Beer C., Zimov N., Olofsson J., Porada P., Zimov S. Protection of Permafrost Soils from Thawing by Increasing Herbivore Density // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. 10.1038/s41598-020-60938-y.
 15. Zimov S.A., Zimov N.S., Tikhonov A.N., Chapin F.S. Mammoth steppe: a high-productivity phenomenon // Quaternary Science Reviews. 2012. Vol. 57. P. 26–45.
 16. Zimov S.A., Davidov S.P., Zimova G.M., Davidova A.I., Chapin III F.S., Chapin M.C., Reynolds J.F. Contribution of Disturbance to increasing seasonal amplitude of atmospheric CO₂ // Science. 1999. Vol. 284, No. 5422. P. 1973–1976.
 17. Zimov S.A. Pleistocene Park: Return of the Mammoth's ecosystem // Science. 2005. Vol. 308. No. 5723. P. 796–798.
 18. Dutta K., Schuur E.A.G., Neff J.C., Zimov S.A. Potential carbon release from permafrost soils of North-eastern Siberia // Global Change Biology. 2006. Vol. 12, No. 12. P. 2336–2351.
 19. <https://pleistocenepark.de/wp-content/uploads/2020/11/Pleistocene-Arctic-megafaunal-ecological-engineering-as-a-natural-climate-solution.pdf>
 20. Зимов С.А. О «Плейстоценовом парке» на северо-востоке Якутии // Наука и техника в Якутии. 2008. № 1 (14). С. 44–48.
 21. <http://www.alrosa.ru/алросы-продолжит-поддерживать-парк/>
 22. Масанов А.Ю., Дубовичев М.А., Толстов А.В., Анисимова П.С., Гаранин К.В., Дорохов А.В., Барановская В.Б. Потенциал компенсации выбросов парниковых газов предприятий группы АЛРОСА за счет карбонизации отработанного кимберлита // Рациональное освоение недр. 2021. № 4. С. 64–73. DOI: 10.26121/RON.2021.87.40.008.
 23. Симоненко В.И., Толстов А.В., Васильева В.И. Новый подход к геохимическим поискам кимберлитов на закрытых территориях // Разведка и охрана недр. 2008. № 4-5. С. 108–112.
 24. Мальцев М.В., Толстов А.В., Фомин В.М., Старкова Т.С. Новое кимберлитовое поле в Якутии и типоморфные особенности его минералов-индикаторов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Геология. 2016. № 3. С. 86–94.
 25. Lapin A.V., Tolstov A.V., Antonov A.V. Sr and Nd isotopic compositions of Kimberlites and associated Rocks of the Siberian craton // Doklady Earth Sciences. 2007. Vol. 414, No. 1. P. 557–560.
 26. Lapin A.V., Tolstov A.V., Vasilenko V.B. Petrogeochemical characteristics of the kimberlites from the Middle Markha region with application to the problem of the geochemical heterogeneity of kimberlites // Geochemistry International. 2007. Vol. 45, No. 12. P. 1197–1209.
 27. Vasilenko V.B., Kuznetsova L.G., Minin V.A., Tolstov A.V. Petrochemical evaluation of the diamond potential of Yakutian kimberlite field // Geochemistry International. 2010. Vol. 48, No. 4. P. 346–354.
 28. Potential for offsetting diamond mine carbon emissions through mineral carbonation of processed kimberlite: An assessment of De Beers mine sites in South Africa and Canada / E.M. Mervine, S.A. Wilson, I.A.M. Power, G. Dipple // Mineralogy and Petrology. 2018. Vol. 112(36). P. 755–765. DOI:10.1007/s00710-018-0589-4. (на англ.)
 22. <https://carbmin.ca>
 30. Paulo C., Power I.M., Stubbs A.R., Wang B., Zeyen N., Wilson S.A. Evaluating feedstocks for carbon dioxide removal by enhanced rock weathering and CO₂ mineralization // Applied Geochemistry. 2021. Vol. 129. P. 104955. <https://www.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.104955>
 31. Vasilenko V.B., Tolstov A.V., Minin V.A., Kuznetsova L.G., Surkov N.V. Normative Quartz as an indicator of the mass transfer intensity during the postmagmatic alteration of the Botubinskaya pipe kimberlites (Yakutia) // Russian Geology and Geophysics. 2008. Vol. 49, No. 12. P. 894–907.
 32. <https://climeworks.com>

33. <https://meduza.io/feature/2021/09/12/v-islandii-zarabotal-krupneyshiy-v-mire-zavod-kotoryy-vykachivaet-uglekislyy-gaz-iz-atmosfery-kak-eto-rabotaet-i-reshat-li-podobnye-zavody-problemu-vybrosov>

Поступила в редакцию 27.10.2021

Принята к публикации 12.11.2021

Об авторах

МАСАНОВ Алексей Юрьевич, руководитель направления, Центр инноваций и технологий, АК «АЛРОСА» (ПАО), 115184, Москва, Озерковская наб., 24, Россия, e-mail: MasanovAYu@alrosa.ru;

АНИСИМОВА Полина Сергеевна, зам. главного инженера, руководитель Экологического центра, АК «АЛРОСА» (ПАО), 115184, Москва, Озерковская наб., 24, Россия, e-mail: AnisimovaPS@alrosa.ru;

ТОЛСТОВ Александр Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, академик АН РС(Я), директор, Научно-исследовательское геолого-разведочное предприятие, АК «АЛРОСА» (ПАО), 678170, Мирный, ул. Ленина, 39, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-3863-5071>, Scopus ID: 6603548567, ResearcherID O-2643-2013, e-mail: TolstovAV@alrosa.ru;

ШЕРЕМЕТ Альфира Халимовна, начальник отдела, Центр инноваций и технологий, АК «АЛРОСА» (ПАО), 115184, Москва, Озерковская наб., 24, Россия, e-mail: SheremetAN@alrosa.ru;

ДУБОВИЧЕВ Михаил Александрович, руководитель, Центр инноваций и технологий, АК «АЛРОСА» (ПАО), 115184, Москва, Озерковская наб., 24, Россия, e-mail: DubovichevMA@alrosa.ru;

ЗИМОВ Никита Сергеевич, научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 690041, Владивосток, ул. Радио 7, Россия; генеральный директор, товарищество на вере "Научно-экспериментальное хозяйство Плейстоценовый парк", 678830, п. Черский, ул. Малиновый Яр, 1, Республика Саха (Якутия), Нижнеколымский р-н, Россия, e-mail: NZimov@mail.ru.

Информация для цитирования

Масанов А.Ю., Анисимова П.С., Толстов А.В., Шеремет А.Х., Дубовичев М.А. Зимов Н.С. Реализация экологических инициатив АК «АЛРОСА» (ПАО) по достижению углеродной нейтральности // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021, Т. 26, № 4. С. 54–66. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-54-66>

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-54-66

Implementation of environmental initiatives of JSC «ALROSA» (PJSC) to achieve carbon neutrality

A.Yu. Masanov^{1,*}, P.S. Anisimova², A.V. Tolstov³, A.H. Sheremet¹,
M.A. Dubovichev¹, N.S. Zimov⁴

¹Center for Innovation and Technologies, JSC «ALROSA» (PJSC), Moscow, Russia

²Environmental Center, JSC «ALROSA» (PJSC), Moscow, Russia

³Scientific Research Geological Enterprise, JSC «ALROSA» (PJSC), Mirny, Russia

⁴Pacific Geographical Institute, Far-Eastern branch of RAS, Vladivostok, Russia

*MasanovAYu@alrosa.ru

Abstract. Due to global climate change, large industrial companies face the challenges of reducing greenhouse gas emissions and implementing climate projects that contribute to the absorption and dis-

posal of carbon dioxide (CCS). The developments of the ALROSA Group in the implementation of tasks to achieve carbon neutrality, ESG projects, climate risk management mechanisms, and projects that reduce greenhouse gas emissions in 2016–2020 are considered in detail. The company's participation in the implementation of a large-scale project to create a highly productive ecosystem in the Arctic «Pleistocene Park», as well as the beginning of the development of a unique worldwide CCS project for the absorption of carbon dioxide from the atmospheric air by kimberlite ore during its extraction and processing, was considered.

Keywords: ALROSA, carbon dioxide, Pleistocene Park, kimberlite, carbon neutralization, Carbon Capture & Storage.

References

1. Masanov A. Yu. Kimberlit pogloschaet CO₂: kak eto povliyaet na rynek i realizatsiyu ESG-strategiy kompanii // Zolotodobycha. 2021. No. 9 (274). P. 35–37.
2. Anisimov O.A., Zimov S.A., Volodin E.M., Lavrov S.A. Emissiya metana v kriolitozone Rossii i ozenka ee vozdeystviya na globalnyy klimat // Meteorologiya i gidrologiya. 2020. No. 5. P. 131–14.
3. Klimaticheskaya povestka Rossii: reagiruya na meghdunarognye vysovy, ZSR, yanvar 2021: [El. version] <https://www.csr.ru/upload/iblock/521/521091011093dc8b5ece74cdd8552680.pdf>
4. PCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team / R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
5. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031>
6. <https://www.rbc.ru/opinions/economics/20/09/2021/61489ee09a79479eafb96584>
7. Ukaz Prezidenta RF ot 04.11.2020 г. No. 666. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990>
8. Strategiya dolgosrochnogo razvitiya RF s nizkim urovнем vybrosov parnikovych gasov do 2050 goda [Elektronnyy resurs]: https://www.economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf
9. Gruppy ALROSA Otchet ob ustojchivom rasvitiy 2020: [El. version]. URL: http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2021/06/ALROSA_SR_2020_RU.pdf.
10. Gruppy ALROSA Pokazateli ESG: [El resurs]. URL: http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2021/08/ALROSA_ESG_Databook_RUS.xlsx
11. Dannye iz godovyh otchetov kompanij: <https://www.spglobal.com/esg/csa/>; <https://www.msci.com/our-solutions/esg-investing/esg-ratings>; <https://www.sustainalytics.com/esg-rating/alrosa-pjsc/1016258005>; <https://www.ftserussell.com/products/indices/ftse4good>; <https://www.bloomberg.com/professional/solution/sustainable-finance/>; https://wwf.ru/upload/iblock/f66/GR_2020_rus_web.pdf
12. <https://pleistocenepark.ru/news/>
13. Zimov S.A., Chuprynin V.I. Ustojchivye sostojanie ecosystem Severo-Vostoka Asii. Dokl. AN SSSR, 1989. Vol. 308, No. 6. P. 1510–1514.
14. Beer C., Zimov N., Olofsson J., Porada P., Zimov S. Protection of Permafrost Soils from Thawing by Increasing Herbivore Density // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. 10.1038/s41598-020-60938-y.
15. Zimov S.A., Zimov N.S., Tikhonov A.N., Chapin F.S. Mammoth steppe: a high-productivity phenomenon // Quaternary Science Reviews. 2012. Vol. 57. P. 26–45.
16. Zimov S.A., Davidov S.P., Zimova G.M., Davidova A.I., Chapin III F.S., Chapin M.C., Reynolds J.F. Contribution of Disturbance to ibcreasing seasonal amplitude of atmospheric CO₂ // Science. 1999. Vol. 284, No. 5422. P. 1973–1976.
17. Zimov S.A. Pleistocene Papk: Return of the Mammoth's ecosystem // Science. 2005. Vol. 308, No. 5723. P. 796–798.
18. Dutta K., Schuur E.A.G., Neff J.C., Zimov S.A. Potential carbon release from permafrost soils of North-eastern Siberia // Global Change Biology. 2006. Vol. 12, No. 12. P. 2336–2351.
19. <https://pleistocenepark.de/wp-content/uploads/2020/11/Pleistocene-Arctic-megafaunal-ecological-engineering-as-a-natural-climate-solution.pdf>
20. Zimov S.A. O «Playstozenovom parke» yf severo-vostoke Yakutii // Nauka i tehnika v Yakutii. 2008. No. 1 (14). P. 44–48.
21. <http://www.alrosa.ru/алроса-продолжит-поддерживать-парк/>
22. Masanov A. Yu., Dubovichev M.A., Tolstov A.V., Anisimova P.S., Garanin K.V., Dorohov A.V., Baranovskaja V.B. Potentsial kompensatsii vybrosov parnikovych gasov predpriyatij grupy ALROSA sa schet karbonisatsii otrabotannogo kimberlita // Ratsionalnoe osvoenie nedr. 2021. No. 4. P. 64–73. DOI: 10.26121/RON.2021.87.40.008.
23. Simonenko V.I., Tolstov A.V., Vasilyeva V.I. Novyy podhod k geohimicheskim poiskam kimberlitov na sakrytyh territoriyah // Razvedka i ohrana nedr. 2008. No. 4-5. P. 108–112.
24. Maltsev M.V., Tolstov A.V., Fomin V.M., Starkova T.S. Novie kimberlitovoe pole v Yakutii i tipomorfnye osobennosti ego mineralov-indikatorov // Vestnik Voron-

ezhskogo Gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Geologiya. 2016. No. 3. P. 86–94.

25. *Lapin A.V., Tolstov A.V., Antonov A.V.* Sr and Nd isotopic compositions of Kimberlites and associated Rocks of the Siberian craton // *Doklady Earth Sciences*. 2007. Vol. 414, No. 1. P. 557–560.

26. *Lapin A.V., Tolstov A.V., Vasilenko V.B.* Petrogeochemical characteristics of the kimberlites from the Middle Markha region with application to the problem of the geokhemical heterogeneity of kimberlites // *Geochemistry International*. 2007. Vol. 45, No. 12. P. 1197–1209.

27. *Vasilenko V.B., Kuznetsova L.G., Minin V.A., Tolstov A.V.* Petrochemical evaluation of the diamond potential of Yakutian kimberlite field // *Geochemistry International*. 2010. Vol. 48, No. 4. P. 346–354.

28. *Potential for offsetting diamond mine carbon emissions through mineral carbonation of processed kimberlite: An assessment of De Beers mine sites in South Africa and Canada* / E.M. Mervine, S.A. Wilson, I.M. Power,

G. Dipple // *Mineralogy and Petrology*. 2018. Vol. 112(36). P. 755–765. DOI:10.1007/s00710-018-0589-4. (на англ.)

22. <https://carbmin.ca>

30. *Paulo C., Power I.M., Stubbs A.R., Wang B., Zeyen N., Wilson S.A.* Evaluating feedstocks for carbon dioxide removal by enhanced rock weathering and CO₂ mineralization. *Applied Geochemistry*. 2021. Vol. 129. P. 104955. <https://www.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.104955>

31. *Vasilenko V.B., Tolstov A.V., Minin V.A., Kuznetsova L.G., Surkov N.V.* Normative Quartz as an indicator of the mass transfer intensity during the postmagmatic alteration of the Botuobinskaya pipe kimberlites (Yakutia) // *Russian Geology and Geophysics*. 2008. Vol. 49, No. 12. P. 894–907.

32. <https://climeworks.com>

33. <https://meduza.io/feature/2021/09/12/v-islandii-zarabotal-krupneyshiy-v-mire-zavod-kotoryy-vykachivaet-uglekislyy-gaz-iz-atmosfery-kak-eto-rabotaet-i-reshat-li-podobnye-zavody-problemu-vybrosov>

About the authors

MASANOV, Alexey Yurievich, task leader to innovation adoption, Centre for Innovation and Technologies, JSC «ALROSA» (PJSC), 24 Ozerkovskaya nab., Moscow 115184, Russia, e-mail: MasanovAYu@alrosa.ru;

ANISIMOVA, Polina Sergeevna, deputy chief engineer, head, Environmental Centre, JSC «ALROSA» (PJSC), 24 Ozerkovskaya nab., Moscow 115184, Russia, e-mail: AnisimovaPS@alrosa.ru;

TOLSTOV, Alexander Vasilievich, Dr. Sc. (Geology and Mineralogy), full member of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), director, Scientific Research Geological Enterprise, JSC «ALROSA» (PJSC), 39 Lenina str., Mirnyi 678170, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-3863-5071>, Scopus ID: 6603548567, Researcher ID: O-2643-2013, e-mail: TolstovAV@alrosa.ru;

SHEREMET, Alfira Halimovna, head of the Department, Centre for Innovation and Technologies, JSC «ALROSA» (PJSC), 24 Ozerkovskaya nab., Moscow 115184, Russia, e-mail: SheremetAH@alrosa.ru;

DUBOVICHEV, Mikhail Alexandrovich, head, Centre for Innovation and Technologies, JSC «ALROSA» (PJSC), 24 Ozerkovskaya nab., Moscow 115184, Russia, e-mail: DubovichevMA@alrosa.ru;

ZIMOV, Nikita Sergeevich, researcher, Pacific Geographical Institute FEB RAS, 7 Radio str., Vladivostok 690041, Russia; general director, Pleistocene Park, 1 Malinovy Yar st., Chersky 678830 Republic of Sakha (Yakutia), Nizhnekolimsky district, Russia, e-mail: NZimov@mail.ru.

Citation

Masanov A. Yu., Anisimova P.S., Tolstov A.V., Sheremet A.H., Dubovichev M.A., Zimov N.S. Implementation of environmental initiatives of JSC «ALROSA» (PJSC) to achieve carbon neutrality // *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2021, Vol. 26, No. 4. P. 54–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-54-66>