

Л.Н. Карлин, В.М. Абрамов, Г.Г. Гогоберидзе, Л.В. Александрова, Н.Н. Попов

К ВОПРОСУ О СТРАТЕГИИ СОЗДАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЧЕРНОГО УГЛЕРОДА В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

L.N. Karlin, V.M. Abramov, G.G. Gogoberidze, L.V. Alexandrova, N.N. Popov

ON THE STRATEGY FOR DEVELOPMENT OF THE NATIONAL SYSTEM FOR BLACK CARBON CONTROL IN THE RUSSIAN ARCTIC

Рассмотрены стратегические основы построения национальной системы контроля черного углерода в российской Арктике. Глобальная система контроля черного углерода в Арктике должна основываться на национальных системах мониторинга арктических стран. Разработка и внедрение национальной системы контроля черного углерода в российской Арктике будет способствовать развитию рынка экологических товаров и услуг.

Ключевые слова: черный углерод, изменение климата, управление качеством воздуха, системы поддержки принятия решений.

We consider the strategy development of the national system for black carbon control in the Russian Arctic. Global system for controlling black carbon in Arctic has to include the national monitoring systems of the arctic countries. Development and implementation the national system for black carbon control in the Russian Arctic will contribute to the development of a market for ecological goods and services.

Key words: black carbon, climate change, air quality management, decision-making support systems.

Введение

Ряд потенциально катастрофических энвиронментальных и экологических рисков [Карлин, 2006], в том числе айсберговые риски [Карлин, 2009], регулируется короткоживущими климатическими факторами (КЖКФ) [Карлин, 2012а]. Черный углерод (black carbon) является одним из наиболее важных КЖКФ в глобальном масштабе. Проблема черного углерода в настоящее время привлекает внимание всех экологов и климатологов. Она имеет сильный геополитический аспект из-за влияния черного углерода на здоровье человека и изменения климата [Карлин, 2012а]. В настоящее время в Российской Федерации отсутствует национальная система управления рисками, обусловленными черным углеродом. Более того, даже определение содержания черного углерода в атмосфере не входит в состав регулярного экологического

мониторинга, определяемого действующей нормативно-правовой базой. Прежде всего, это является следствием недостаточной проработки технологических вопросов для контроля содержания черного углерода в атмосфере. Наиболее сильное влияние черный углерод на климат проявляется в Арктике. Именно в арктическом регионе сильнее всего проявляются и геополитические аспекты данной проблемы [Карлин, 2012б]. В статье рассматриваются подходы к разработке стратегии создания национальной системы для контроля черного углерода в Арктике как части национальной системы управления рисками, обусловленными черным углеродом. При этом основное внимание уделяется вопросам выбора базовых технологий, которые должны использоваться в рамках указанной выше системы контроля. Эта система контроля должна быть совместимой с методами анализа социально-экономической ситуации [Карлин, 2013; Gogoberidze, 2014] другими системами управления природными ресурсами, например, такими как интегрированное управление водными ресурсами для арктических и субарктических рек [Abramov, 2014a] и управления качеством атмосферного воздуха [Abramov, 2014б] для российской Арктики и Субарктики. При разработке стратегии также нужно учитывать общую концепцию экологического мониторинга в российской Арктике [Abramov, 2014в], применяемые современные методы получения экологической информации [Abramov, 2014г,д; Gogoberidze 2014a] и целесообразность использования систем поддержки принятия решений [Абрамов 2013а,б; Gogoberidze 2014б]). В качестве наиболее удобного инструмента объединения ресурсов при разработке стратегии целесообразно использовать технологическую платформу «Технологии экологического развития», позволяющего учитывать и международное сотрудничество и национальные особенности, в том числе в нормативно-правовой области [Абрамов 2013в].

Методология

В ходе исследований использовались:

- теория принятия решений в условиях неопределенности;
- теория риска;
- Форсайт технологии;
- теория планирования эксперимента;
- математическое моделирование, включая статистическое моделирование;
- физико-математические основы экспериментальных методов определения массового и количественного содержания аэрозолей в атмосфере.

Результаты и обсуждение

При разработке стратегии создания национальной системы для контроля черного углерода в Арктике в первую очередь необходимо уточнить вопрос о том, какого вида аэрозоль должен контролироваться в ходе функционирования системы. В статье использована терминология в соответствии с самым современным и полным обзором научных исследований роли черного углерода в климатической системе [Bond, 2013]. В настоящее время термин «черный углерод» имеет нечеткое значение и может

рассматриваться в широком и узком смысле. В обоих смыслах черный углерод обозначает аэрозоль или взвешенные в воздухе твердые частицы с очень высоким содержанием чистого углерода.

В широком смысле черный углерод означает аэрозоль, состоящий из так называемого углеродистого материала с уникальной комбинацией физических свойств, которые образуются только в пламени во время сжигания топлив с углеродной основой [Bond, 2013]. Этот материал обладает следующими свойствами:

- Сильная абсорбция видимого света на всех видимых длинах волн;
- сохранение исходной формы при высоких температурах;
- нерастворимость в воде, в органических растворителях, включая метанол и ацетон, а также в других компонентах атмосферных аэрозолей;
- агрегированная форма в виде дискретной жесткой коллоидной единицы гроздевидной формы, состоящей из полидисперсных частиц, соединенных химическими (валентными) связями.

В узком смысле черный углерод или тугоплавкий черный углерод, обычно обозначаемый как rBC [Bond, 2013], означает углеродистый материал, обладающий вышеперечисленными свойствами и кардинально отличающийся от других органических аэрозолей. В данной работе имеется в виду черный углерод в широком смысле.

Важной характеристикой аэрозоля того или иного происхождения является его характерный размер его частиц, их строение, массовые характеристики. Согласно [Bond, 2013], сразу после сгорания черный углерод образует агрегаты субмикронных размеров. Затем в течение периода от 1 до 5 дней черный углерод трансформируется в углеродсодержащие частицы с углеродным ядром, окруженным несколькими слоями сульфатов, органического материала и другими веществами. Физико-химические свойства таких частиц достаточно значимо могут отличаться аналогичных характеристик свежих частиц черного углерода. На рис. 1 показано полученное с помощью типичное изображение агрегированных форм черного углерода в дыму лесного пожара.

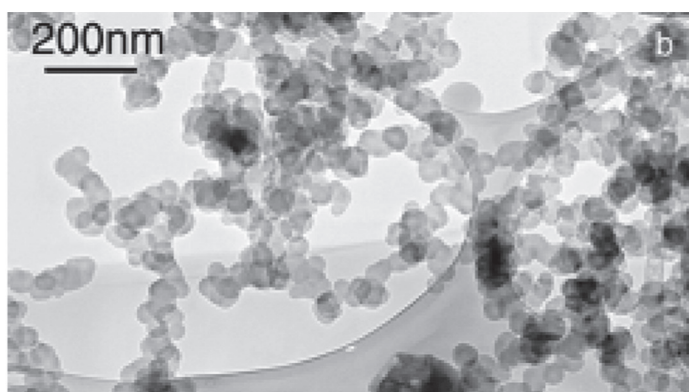


Рис. 1. Изображение агрегированных форм углерода в дыму, полученное с помощью трансмиссионного электронного микроскопа [Bond, 2013]

Принято говорить о свежем (fresh) и состаренном (aged) черном углероде. Необходимо учитывать, что субмикронные частицы свежего черного углерода присутствуют в окружающей атмосфере в составе некоторого семейства других аэрозолей, подвергаясь процессам внешнего и внутреннего перемешивания. Под внешним перемешиванием принято понимать простое смешение частиц различного происхождения, форм и размеров без физико-химического взаимодействия, включая процессы слипания, агрегирования, взаимной диффузии. Под внутренним перемешиванием обычно понимается трансформация отдельной частицы под воздействием физико-химического взаимодействия с другими частицами, газами, радиацией и т.п. Обычно в результате внутреннего перемешивания вместо частицы, содержащей преимущественно черный углерод, появляются композитные аэрозольные образования, в которых ядра черного углерода окружены покровами из других веществ, включая лед. Чем старше подобная частица, тем сильнее ее геометрические и физико-химические свойства отличаются от исходных аналогичных свойств свежего черного углерода. Например, состаренный черный углерод, трансформированный до ледяных сфер с вкраплениями ядер черного углерода, демонстрирует отражательные свойства льда, а не черного углерода [Bond, 2013]. Данное обстоятельство обязательно должно учитываться при обсуждении проблем изменения альbedo снежной и ледовой поверхности в Арктике вследствие проникновения в регион чужеродных воздушных масс, загрязненных черным углеродом. Указанные выше обстоятельства необходимо учитывать при разработке стратегии создания национальной системы для контроля черного углерода в Арктике.

Отдельным вопросом при контроле черного углерода в Арктике является черный смог. Он является наиболее наглядной формой присутствия черного углерода в атмосфере, и образуется при обширных пожарах, возникающих вследствие техногенных катастроф или умышленных поджогов. Фотографии черного смога, возникшего вследствие пожаров, как аварийного, так и умышленного происхождения, приведены на рис. 2 и 3.



Рис. 2. Пожар на омском заводе по производству каучука 6 марта 2014 года [Abramov, 2014e]



Рис. 3. Черный дым от горящих покрышек в Киеве, февраль 2014 [Abramov, 2014e]

Следует отметить, что черный смог обладает резким отравляющим воздействием на человеческий организм и может привести к повреждению здоровья значительного количества людей. Любые проявления черного смога должны подвергаться мониторингу и сопровождаться защитными мерами индивидуального и коллективного характера по уменьшению негативного воздействия на людей и экосистемы. С этой точки зрения умышленный поджог значительного количества автомобильных покрышек в непосредственной близости от значительного скопления людей, не имеющих индивидуальных средств защиты органов дыхания, может и должен рассматриваться в правовой плоскости как экологическое правонарушение в соответствии с действующим законодательством. С этой точки зрения инциденты в Киеве зимой 2014 г. с поджогом и длительным горением автомобильных покрышек в присутствии значительных скоплений людей должны быть подвергнуты отдельному научному исследованию с целью выработки правовых рекомендаций по реагированию на подобные действия. Очевидно, что любые умышленные или неумышленные инциденты, приводящие к появлению черного смога в российской Арктике должны быть объектами усиленного внимания в рамках рассматриваемой стратегии разработки национальной системы для контроля черного углерода в Арктике.

Основные источники образования черного углерода связаны с большими городами и промышленными зонами [Карлин, 2012в] и находятся вне арктических регионов. Этот аэрозоль поступает преимущественно с чужеродными воздушными массами в Арктику в целом, и в российский сектор Арктики, в частности. По дальности образования и проникновения загрязненных воздушных масс от точки наблюдений принято различать локальные (local), региональные (regional) и дальние (long-range) источники загрязнения. Обычно результирующее содержание черного углерода в точке наблюдений является суммой загрязнений от указанных типов источников. Из-за наличия вклада дальних источников загрязнения разрабатываемая национальная система для контроля черного углерода в Арктике должна являться частью глобальной подобной системы, состоящей из национальных систем арктических стран, имеющих зоны ответственности в Арктике. Данное обстоятельство определяет необходимость использования инструментов международного сотрудничества и кооперации при разработке обсуждаемой стратегии, например, с использованием инструментов технологической платформы «Технологии экологического развития» [Абрамов 2013в].

Суммируя, можно указать, что рассматриваемая стратегия должна включать в себя следующие технологические и нормативно-правовые блоки [Абрамов, 2014г]:

1. Развитие инновационных технологий для определения концентрации черного углерода в атмосфере Арктики.
2. Развитие инновационных технологий для определения и инвентаризации источников черного углерода, которые имеют влияние на атмосферу российской части Арктики.
3. Развитие инновационных технологий для моделирования переноса черного углерода в российской части Арктики.
4. Развитие инновационных технологий для принятия решений в сфере управления экологическими рисками в российской Арктике с учетом фактора черного углерода, на основе фактической информации и вероятностных сценариев.

5. Развитие инновационных технологий для конструирования экспертных систем, предназначенных для поддержки принятия решений в области рационального природопользования в Арктике с учетом черного углерода как фактора изменения климата.
6. Усовершенствование законодательства по управлению качеством воздуха на национальном уровне для стимуляции развития стратегии контроля черного углерода в России.

Заключение

Разработку стратегии создания национальной системы контроля черного углерода в российской Арктике, отсутствующей в настоящее время, необходимо рассматривать в аспекте глобальных усилий по управлению климатическими рисками, что предполагает сотрудничество с другими арктическими странами в рамках проблемы управления черным углеродом. При разработке стратегии необходимо учитывать физико-химические свойства контролируемого аэрозоля, его возраст, расположение источников выбросов. Особое внимание следует уделить разработке систем поддержки принятия решений в области контроля черного углерода. Разработка и внедрение в практику национальной системы контроля черного углерода в российской Арктике окажет стимулирующее воздействие на рынок экологических товаров и услуг, а также на совершенствование национального экологического законодательства.

Литература

1. *Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Гогоберидзе Г.Г.* Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений в области экологической безопасности и экологического мониторинга в рамках рационального природопользования в Арктической зоне Российской Федерации с учетом различных масштабов изменения климата. Патент №135822 U1, 2013.
Abramov V.M., Karlin L.N., Gogoberidze G.G. Informacionno-analiticheskaya sistema podderzhki prinyatiya reshenij v oblasti ekologicheskoy bezopasnosti i ekologicheskogo monitoringa v ramkax racionalnogo prirodopolzovaniya v arkticheskoy zone rossijskoj federacii s uchedom razlichnykh masshtabov izmeneniya klimata. Patent №135822 U1, 2013.
2. *Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Гогоберидзе Г.Г.* Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений в области обеспечения устойчивого развития при морском планировании в Арктической зоне Российской Федерации с учетом разномасштабных изменений климата. Патент №135162 U1, 2013.
Abramov V.M., Karlin L.N., Gogoberidze G.G. Informatsionno-analiticheskaya sistema podderzhki prinyatiya resheniy v oblasti obespecheniya ustoychivogo razvitiya pri morskome planirovanii v Arkticheskoy zone Rossiyskoy Federatsii s uchedom raznomasshtabnykh izmeneniy klimata. Patent №135162 U1, 2013.
3. *Абрамов В., Карлин Л., Касимов Н., Моргунов Б.* Технологическая платформа «Green Technologies» в аспекте международного сотрудничества на современном этапе изменения глобализации, Дайджест мировой политики XXI века: ежегодный обзор. Том 6. Глава: Энергетика и экология в региональном измерении, Россия, 2013, с. 135–144.
Abramov V., Karlin L., Kasimov N., Morgunov B. Tehnologicheskaya platforma «Green Technologies» v aspekte mezhdunarodnogo sotrudnichestva na sovremennom etape izmeneniya globalizatsii, Daydzhest mirovoy politiki XXI veka: ezhegodnyj obzor. Tom 6. Glava: Energetika i ekologiya v regional'nom izmerenii, Rossiya, 2013, s. 135–144.
4. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Гогоберидзе Г.Г., Леднова Ю.А.* Анализ социально-экономической ситуации в арктических приморских субъектах Российской Федерации на основе индикаторной оценки морского потенциала. // Ученые записки РГГМУ, 2013, № 30, с. 181–188.

- Karlin L.N., Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Lednova Yu.A.* Analiz sotsial'no-ekonomicheskoy situatsii v arkticheskikh primorskiykh subektakh Rossiyskoy Federatsii na osnove indikatornoy otsenki morskogo potentsiala. // *Uchenye zapiski RGGMU*, 2013, № 30, s. 181–188.
5. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М.* Геополитические аспекты проблемы короткоживущих климатических факторов в Арктике. Международная конференция «Арктика в процессе глобализационных изменений», 2012, с. 31–34.
Karlin L.N., Abramov V.M. Geopoliticheskie aspekty problemy korotkozhiyuschih klimaticheskikh faktorov v Arktike. Mezhdunarodnaya konferentsiya «Arktika v protsesse globalizatsionnykh izmeneniy», 2012, s. 31–34.
 6. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М.* Контроль эмиссии черного углерода в Арктической зоне Российской Федерации: геополитические аспекты. IV Морская конференция «Стратегия российской морской и экономической активности в Арктике», 2012, с. 39–40.
Karlin L.N., Abramov V.M. Kontrol' emissii chernogo ugleroda v Arkticheskoy zone Rossiyskoy Federatsii: geopoliticheskie aspekty. IV Morskaya konferentsiya «Strategiya rossiyskoy morskoy i ekonomicheskoy aktivnosti v Arktike», 2012, s. 39–40.
 7. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М.* Города и промышленные зоны как источники поступления черного углерода в Арктику. VI Международная конференция «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон», 2012, с. 171–172.
Karlin L.N., Abramov V.M. Goroda i promyshlennyye zony kak istochniki postupleniya chernogo ugleroda v Arktiku. VI Mezhdunarodnaya konferentsiya «Ekologicheskie i gidrometeorologicheskie problemy bol'shiykh gorodov i promyshlennykh zon», 2012, s. 171–172.
 8. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М., Овсянников А.А.* Временная структура айсберга опасности в центральной части Баренцева моря, океанология, США, 2009, т. 49, № 3, с. 327–329. — DOI: 10.1134/S0001437009030047.
Karlin L.N., Abramov V.M., Ovsyannikov A.A. Vremennaya struktura aysberga opasnosti v tsentral'noy chasti Barentseva morya, okeanologiya, SShA, 2009, t. 49, № 3, s. 327–329. — DOI: 10.1134/S0001437009030047.
 9. *Карлин Л.Н., Абрамов В.М.* Управление энвиронментальными и экологическими рисками, 2013.
Karlin L.N., Abramov V.M. Upravlenie environmental'nymi i ekologicheskimi riskami, 2013.
 10. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Golosovskaya V.A.* On route to Integrated Water Resources Management for Russian arctic and subarctic rivers. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 11. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Lednova J.A., Malakhova J.A., Berboushi S.V.* Variability of particulate matter in Saint-Petersburg megacity air within climatic time scale. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 12. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Lednova J.A., Berboushi S.V.* Concept of environmental monitoring in the Russian Arctic coastal regions. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 13. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Alexandrova L.V., Popov N.N.* Water exchange between the Pacific and the Bering Sea with impact on climate change in the Arctic and Subarctic. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 14. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Alexandrova L.V., Bournashov A.V.* On Atlantic Water inflow to Arctic Ocean: unique Argo buoy trip across Atlantic and Barents Sea. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 15. *Abramov V.M., Gogoberidze G.G., Karlin L.N., Lednova J.A., Popov N.N.* Clean technologies development strategy for the national black carbon controlling system in the Russian Arctic. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 16. *Gogoberidze G.G., Abramov V.M., Lednova J.A., Karlin L.N., Isaev A.V., Khaimina O.V.* Main results of summer oceanographic surveys in the Eastern Gulf of Finland in the framework of the TopCons Project. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 17. *Gogoberidze G.G., Abramov V.M., Karlin L.N., Lednova J.A., Malakhova J.A.* Marine economic potential assessment for environmental management in the Russian Arctic and subarctic coastal regions. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Bulgaria, 2014.
 18. *Bond T.C., Doherty S.J., Fahey D.W. et al.* Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 5380–5552, 2013. — DOI:10.1002/jgrd.50171.