

# СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ (СОЗ) И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА (ПОВ) В АРКТИКЕ: ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

КРАТКИЙ ОБЗОР ДЛЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОГРАММА АРКТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ



ARCTIC COUNCIL

АМАР

# ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Изменение климата прямо и косвенно влияет на источники, пути переноса и судьбу стойких органических загрязнителей (СОЗ) и потенциально опасных химических веществ, вызывающих обеспокоенность в Арктике (ПОВ), что, в свою очередь, влияет на воздействие и потенциальные эффекты от этих загрязнителей на диких животных Арктики и другую биоту, а также на людей.



Chris Lebonciller

## 1



Недавние исследования подтверждают, что некоторые более ранние прогнозы воздействия изменения климата на источники, пути распространения и судьбу СОЗ в Арктике действительно сбываются. Новые наблюдения включают вызванный потеплением выброс ранее накопленных СОЗ из вечной мерзлоты, в результате таяния снега и льда, а также перераспределение СОЗ между водой, отложениями, снегом и воздухом. Однако, на сегодняшний день эти результаты основаны на ограниченном количестве исследований в нескольких местах Арктики, и пока неизвестно, насколько широко эти воздействия распространены по всему региону.



Remando Uegate

## 2



Связанные с климатом изменения в трофических сетях Арктики влияют на подверженность воздействию СОЗ высших хищников, таких как белые медведи и некоторые морские птицы. Эти изменения включают перемещение видов на север в Арктику и внутри нее, а также изменения в питании и пищевой сети, связанные, например, с потерей морского льда. Однако степень и направление таких изменений воздействия загрязнителей нельзя обобщить из-за различий между загрязнителями, видами и местоположениями.



British Crown copyright. Met Office

## 3



На основе прогнозов моделирования климата и выбросов, уровни большинства СОЗ, включенных в Стокгольмскую конвенцию, в Арктике по-прежнему будут зависеть преимущественно от глобальных выбросов из первичных источников, а не от воздействия изменения климата на вторичные источники, такие как повторные выбросы из почвы, ледников или вечной мерзлоты.

Peter Prokosh



# 4



**Изменение климата возможно способствует тому, что наблюдаемые уровни некоторых СОЗ, включая полихлорированные бифенилы (ПХБ), больше не снижаются в Арктике в той степени, в которой можно было бы ожидать, учитывая известное сокращение выбросов из их первичных источников.** Тенденции выбросов СОЗ в Арктике в целом снижаются из-за мер, введенных как до, так и после принятия Стокгольмской конвенции по сокращению эмиссий и выбросов; однако некоторые из них выравниваются и даже демонстрируют тенденции к повышению в воздухе и биоте в последние годы, и изменение климата может быть одной из причин.

Remilia Mizetto



# 5



**Исследования СОЗ в воздухе и биоте Арктики выявили связь между временными тенденциями, наблюдаемыми в конкретных местах, и параметрами, связанными с климатом.** Эта информация может быть полезна для процессов, которые используют данные о временных тенденциях для оценки эффективности регулирующих мер по сокращению эмиссий и выбросов СОЗ, таких как оценка эффективности Стокгольмской конвенции.

Matt Howard



# 6



**По прежнему не хватает данных о текущих и прогнозируемых воздействиях изменения климата на СОЗ и ПОВ в Арктике.** Сюда входит степень, в которой первичные источники этих загрязнителей в Арктике, а также вторичные эффекты, вызванные изменениями климата, будут способствовать локальному и региональному загрязнению. Вывод о потенциале влияния изменения климата на пути и судьбу некоторых ПОВ можно сделать исходя из их физико-химических свойств, но необходимы полевые исследования и моделирование, в частности, для ПОВ, которые могут быть рассмотрены для включения в Стокгольмскую конвенцию. Также не хватает знаний о потенциальных изменениях арктических экосистем и трофических сетей, которые могут повлиять на пути воздействия загрязнителей на диких животных и человека.

## ПОЯСНЕНИЕ К СИМВОЛАМ:



НАБЛЮДАЕМЫЕ ЯВЛЕНИЯ



ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ЯВЛЕНИЯ



НОВЫЕ ДАННЫЕ



ОБНОВЛЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ



НЕДОСТАТОК ДАННЫХ



ПОДКРЕПЛЯЮЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

# КОНТЕКСТ И ОБЪЕМ: ПОНИМАНИЕ СУДЬБЫ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В БЫСТРО ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ АРКТИКЕ

Арктические ландшафты и экосистемы быстро трансформируются в результате изменения климата. Потери снега и морского льда, повышение температуры морской воды, таяние вечной мерзлоты и возникновение лесных пожаров и экстремальных погодных явлений продолжают усиливаться, а в некоторых случаях ускоряются. Изменения в физической среде вызывают сдвиги в численности, распределении и поведении арктической биоты, изменяют пищевые сети и приводят к повышению активности человека в регионе. Хотя эти изменения, связанные с климатом, являются значительными сами по себе, они также могут изменить источники, перенос и судьбу антропогенных загрязнителей, многие из которых связаны с воздействием на диких животных и здоровье человека.

## ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО

**Связанные с климатом изменения в переносе и судьбе загрязняющих веществ имеют потенциальные последствия для воздействия и здоровья арктических животных и людей, в частности коренных народов и местных сообществ Арктики. Таким образом, понимание таких изменений имеет решающее значение для прогнозирования будущих рисков для диких животных и здоровья человека, так что такие риски могут быть устранены с помощью национальных, многосторонних или глобальных мер.**

Предыдущие оценки АМАП<sup>1</sup> и совместная работа с Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде<sup>2</sup> изучали потенциальное влияние изменения климата на перенос на большие расстояния и судьбу СОЗ в Арктике, подчеркивая его актуальность для Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (СОЗ). Новая научная информация предоставляет все больше свидетельств того, что прогнозируемые воздействия климатических изменений на уровни и тенденции загрязнения Арктики действительно имеют место и должны учитываться при принятии мер и управленческих решений.

## СОЗ И ПОВ: ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**Результат взаимодействия между климатом и загрязнителями зависит не только от типа и величины экологических изменений, но также от источников, свойств и нормативного статуса химических веществ. В этой оценке упоминаются две широкие группы загрязнителей окружающей среды:**

### **Стойкие органические загрязнители (СОЗ):**

Химические вещества, включенные в Стокгольмскую конвенцию на основании доказательств их стойкости в окружающей среде, биоаккумуляции, переноса на большие расстояния и токсичности. На сегодняшний день их присутствие в Арктике в основном обусловлено переносом на большие расстояния. В результате ограничений на их производство и использование уровни многих, но не всех СОЗ снижаются в Арктике. Однако, в результате их использования в прошлом, накопления СОЗ могут существовать в экологических резервуарах, таких как арктические ледники и морской лед, откуда они могут повторно высвобождаться в быстро теплеющей Арктике. Примеры включают пестициды (например, ДДТ) и промышленные химические вещества, такие как ПХБ, антипирены (например, ПБДЭ) или фторированные средства защиты поверхности (ПФОС, ПФОК).

**Потенциально опасные химические вещества (ПОВ):** Химические вещества, которые в настоящее время (по состоянию на 2020 год) не включены

в Стокгольмскую конвенцию, но признаны вызывающими опасения на основании их документально подтвержденного присутствия в арктических экосистемах<sup>4</sup>. Большинство из них являются химическими веществами, которые используются в настоящее время и в значительной степени не регулируются, а некоторые являются альтернативами запрещенным химическим веществам и возможными кандидатами для включения в список в соответствии со Стокгольмской конвенцией. Некоторые из них содержатся в потребительских товарах, и их присутствие в Арктике, вероятно, связано как с переносом на большие расстояния, так и с местными источниками в пределах Арктики. Имеется меньше информации о ПОВ и прогнозируемом воздействии изменения климата на их судьбу в арктических экосистемах. Примеры включают пер- и полифторалкильные вещества (ПФАК), еще не включенные в Стокгольмскую конвенцию, разрешенные к применению пестициды (СУР) и сложные эфиры фосфорной кислоты (органофосфаты) (ОРЕ).

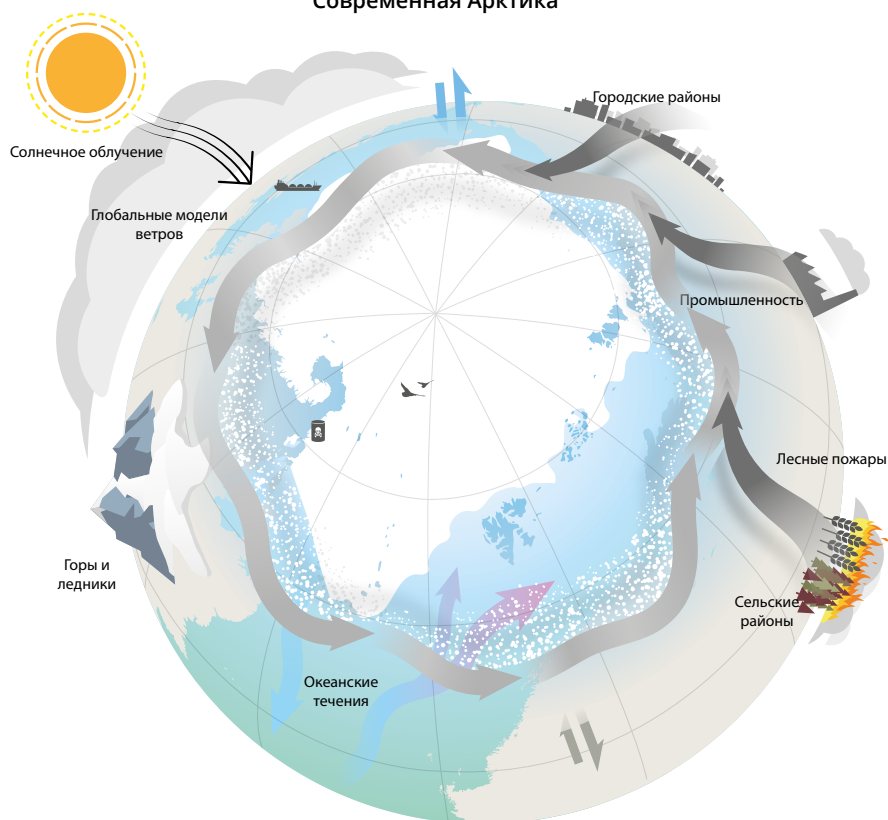
Понимание влияния изменения климата на загрязнители в Арктике важно для оценки прошлых и информирования будущих действий Стокгольмской конвенции и других органов, регулирующих химические вещества.

Наличие химических загрязнителей в отдаленных районах Арктики представляет собой уникальную возможность предоставить доказательства их устойчивости в окружающей среде и переноса на большие расстояния. Эти оба фактора могут быть использованы с целью оценки химических веществ для потенциального регулирования в соответствии со Стокгольмской конвенцией. Изменение климата также может повлиять на долгосрочные временные тенденции загрязнения, используемые в процессах для отслеживания эффективности ограничений и запретов химических веществ, подобно оценке эффективности Стокгольмской конвенции.

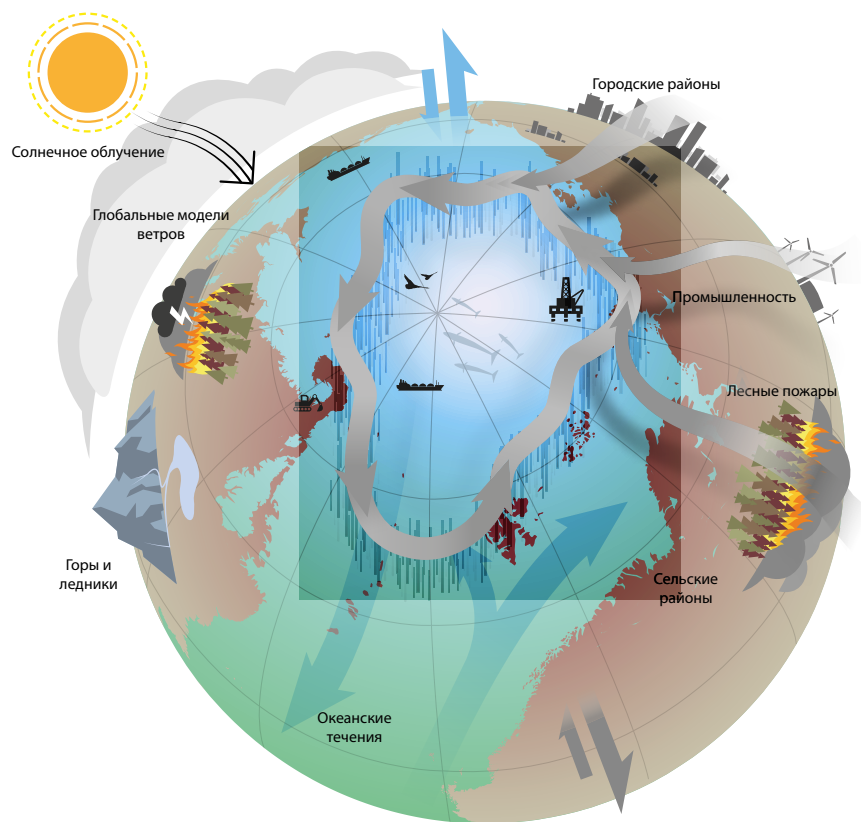
Оценка АМАП<sup>3</sup>, обобщенная в этом документе, рассматривает текущее состояние знаний о влиянии климата на судьбу СОЗ и ПОВ. Результаты оценки дают представление о том, на что следует направить исследования и приложить стратегические усилия для понимания будущих изменений в загрязнении Арктики, информирования регулирующих органов и защиты здоровья диких животных и людей Арктики. Эти результаты являются основой рекомендаций рабочей группы АМАП, приведенных ниже в этом документе.

1. Оценочный доклад АМАП 2002: Влияние глобальных изменений на пути загрязнения извне, внутри и из Арктики. Программа Арктического мониторинга и оценки (АМАП).
2. Отчет группы экспертов ЮНЕП / АМАП 2011: Изменение климата и СОЗ: прогнозирование воздействий. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Программа Арктического мониторинга и оценки (АМАП).
3. Оценочный доклад АМАП 2020: Стойкие органические загрязнители (СОЗ) и потенциально опасные химические вещества (ПОВ) в Арктике: влияние изменения климата Программа Арктического мониторинга и оценки (АМАП).
4. Оценочный доклад АМАП 2016: Потенциально опасные химические вещества в Арктике. Программа Арктического мониторинга и оценки (АМАП).

## Современная Арктика



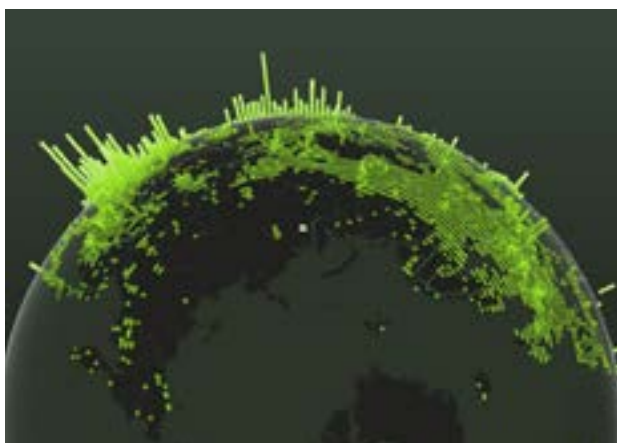
## Будущая Арктика



В условиях будущего изменения климата Арктика будет подвержена многочисленным изменениям, включая потерю льда, снега и вечной мерзлоты, роста человеческой деятельности и развития, а также изменениям в характере циркуляции в океане и атмосфере - все это может изменить источники, пути распространения, распределение и судьбу загрязнителей.

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПЕРВИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ПУТИ ПЕРЕНОСА В АРКТИКУ

Загрязняющие вещества, обнаруженные в Арктике, происходят из различных источников. Некоторые вещества, такие как пестициды и промышленные химикаты, в основном выбрасываются в процессе производства и использования в более низких широтах и переносятся в Арктику через атмосферные и океанические течения. Другие вещества, такие как антипирены и ПФАС, присутствуют в материалах и продуктах, которые импортируются, используются и утилизируются в пределах Арктики.



Количественная оценка воздействия изменения климата на источники и пути загрязнения является сложной задачей; поэтому модели, основанные на имеющихся данных о выбросах химических веществ и мониторинге окружающей среды, часто используются для получения оценок текущих и будущих воздействий.

## Как изменение климата влияет на основные источники загрязнения Арктики?

Хотя экологические явления и деятельность человека, которые являются известными первичными источниками загрязнителей, как ожидается, будут усиливаться в Арктике по мере потепления климата, имеется мало исследований, которые напрямую связывают эти изменения с уровнями загрязнителей. Прогнозируется увеличение количества лесных пожаров в Арктике, которые являются источниками CO<sub>2</sub> и ПОВ, включая полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Прогнозируемые сдвиги в географическом ареале или количестве сельскохозяйственных вредителей и переносимых болезнями насекомых могут в конечном итоге увеличить использование пестицидов. Ожидается, что деятельность человека в северных широтах также возрастет по мере потепления климата, а по мере роста населения и экономической активности в регионе ожидается, что основные источники загрязнителей будут перенесены ближе или даже в Арктику.

## Влияет ли изменение климата на пути переноса на большие расстояния загрязняющих веществ в Арктику?

Исследования на основе моделей показывают, что изменение климата повлияет на пути переноса загрязнителей в Арктику. Изменения температуры и крупномасштабные изменения характера климата могут увеличить волатилизацию, усилить деградацию и изменить пути переноса на большие расстояния, а также будут влиять на химические вещества по-разному в зависимости от их основного способа переноса в Арктику. Однако, влияние изменения климата на перенос загрязняющих веществ в регион, прогнозируемое результатами моделирования на сегодняшний день, невелико по сравнению с ожидаемым воздействием глобальных регулирующих усилий по сокращению выбросов загрязняющих веществ. Согласно прогнозам на 2100 год, изменение климата может способствовать четырехкратному увеличению концентраций некоторых CO<sub>2</sub> в воздухе и воде Арктики, тогда как глобальное сокращение выбросов может привести к снижению концентрации более чем в 1000 раз.

## Как местные источники будут сравниваться с источниками переноса загрязнителей на большие расстояния при будущих сценариях изменения климата?

Ожидается, что изменение климата приведет к увеличению численности населения, деятельности и развитию в северных регионах, что, вероятно, будет сопровождаться увеличением присутствия ПОВ. Таким образом, количество первичных источников загрязнения в Арктике, вероятно, также увеличится в будущем. Предыдущие оценки АМАП показали, что перенос на большие расстояния являлся основным источником нынешних уровней загрязнения в Арктическом регионе; однако относительный вклад переноса на большие расстояния и местных выбросов в загрязнение Арктики может измениться для некоторых химикатов в локальном масштабе, особенно для территорий, находящихся в непосредственной близости от источников.

## **ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И РАЗВИТИЕ: ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРВИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В САМОЙ АРКТИКЕ**

Ожидается, что расширение человеческого следа в Арктике будет как прямо, так и косвенно способствовать локальным выбросам химических загрязнителей. Выбросы загрязняющих веществ из новых первичных источников в Арктике также могут усугубляться изменениями окружающей среды, связанными с климатом, такими как увеличение количества осадков, сток талых вод и таяние вечной мерзлоты, что способствует сбросу загрязняющих веществ в местные и прибрежные водные пути. Арктическое судоходство, туризм, рыболовство и добыча полезных ископаемых - это виды экономической деятельности, которые связаны с возможностью местного загрязнения. Повышенные уровни антипиринов и ПАУ уже были обнаружены в окрестностях арктических населенных пунктов, зданий и аэропортов. Многие бытовые и коммерческие товары содержат ПОВ, которые могут попасть в окружающую среду после их утилизации. Арктические сообщества, особенно отдаленные, имеют ограниченные возможности для обращения с отходами, которые могут включать открытое сжигание отходов и сброс жидких отходов в отстойники для сточных вод. По мере потепления климата вечная мерзлота под отстойниками сточных вод и свалками отходов может разрушаться и больше не предотвращать загрязнение прилегающей почвы, водоносных горизонтов и водотоков. Любое увеличение локальных выбросов будет происходить одновременно с продолжающимся поступлением переносимых на большие расстояния загрязнителей из удаленных источников.

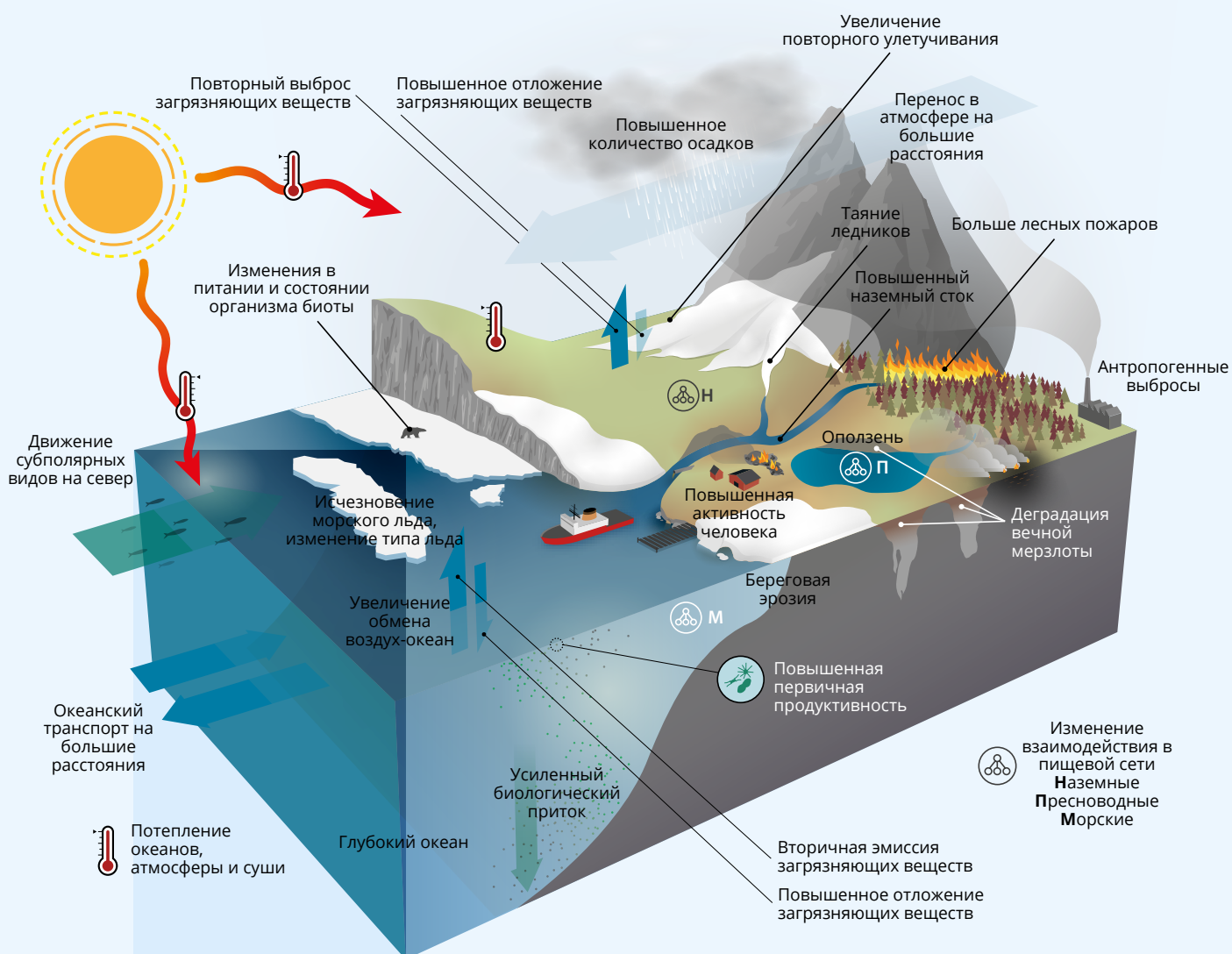
Ряд перфторалкильных соединений (ПФАС) найдены в пенах для пожаротушения - это потенциальный локальный источник ПОВ в Арктике

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В АРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ И ДИКИХ ЖИВОТНЫХ

Арктика - это большой регион, который включает в себя разнообразные экосистемы и виды, связанные сложными биогеохимическими и экологическими путями, многие из которых также опосредуют перенос и биоаккумуляцию СО<sub>2</sub>. Поскольку изменение климата изменяет структуру экосистем и связи между видами, это также влияет на уровни и тенденции загрязнения окружающей среды и биоты.

## Какие ключевые климатические изменения влияют на уровни и судьбу загрязнителей в арктических экосистемах?

Происходит множество связанных с климатом изменений в окружающей среде и экосистемах Арктики с наблюдаемыми и прогнозируемыми последствиями для перемещения и распространения загрязнителей в регионе. Уверенность в связи между изменением климата и воздействием на загрязняющие вещества варьируется в зависимости от наличия и частоты наблюдений.



Ключевые климатические изменения, влияющие на уровни и судьбу загрязнителей в арктических экосистемах




## НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, НА ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В АРКТИКЕ

Недавние наблюдения показывают, что изменение климата трансформирует арктические экосистемы, влияя на перемещение и накопление загрязнителей. Хотя такие экосистемные изменения, вероятно, происходят во всем регионе, на сегодняшний день доказательства воздействия климата на загрязняющие вещества получены в результате относительно небольшого числа исследований, проведенных лишь в нескольких местах.

### СДВИГ СЕЗОНОВ


Сдвинутое начало сезонных изменений, таких как таяние снега и вскрытие морского льда, влияет на время реакции экосистемы, например, цветение фитопланктона, миграцию и доступность пищи, с косвенными эффектами воздействия загрязнителей. Более короткие сезоны морского льда связаны с сокращением содержания СО<sub>2</sub> в тюленях Западной Гренландии, Канадского Арктического архипелага и Гудзонова залива.

 Что касается морских птиц, то уровни СО<sub>2</sub> в летних районах гнездовья в Арктике отражали более высокое воздействие со стороны их южных мест зимовки, поэтому изменения во времени, проведенном в зимних районах и районах гнездовья, могут повлиять на воздействие СО<sub>2</sub>.

**Примеры** исследований, в которых наблюдались последствия изменения климата для загрязнителей в Арктике.


### ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Изменившийся характер глобального и регионального климата может влиять на распределение и перемещение химических веществ в Арктику и внутри нее. Сообщалось о статистической связи между уровнями загрязнителей в биоте и параметрами климата, включая осадки, состояние морского льда и вариациями в региональных климатических моделях.

 Связь между индексами колебаний климата и СО<sub>2</sub> наблюдалась для воздуха, морской воды и биоты Арктики.


### ДЕГРАДАЦИЯ И ТАЯНИЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

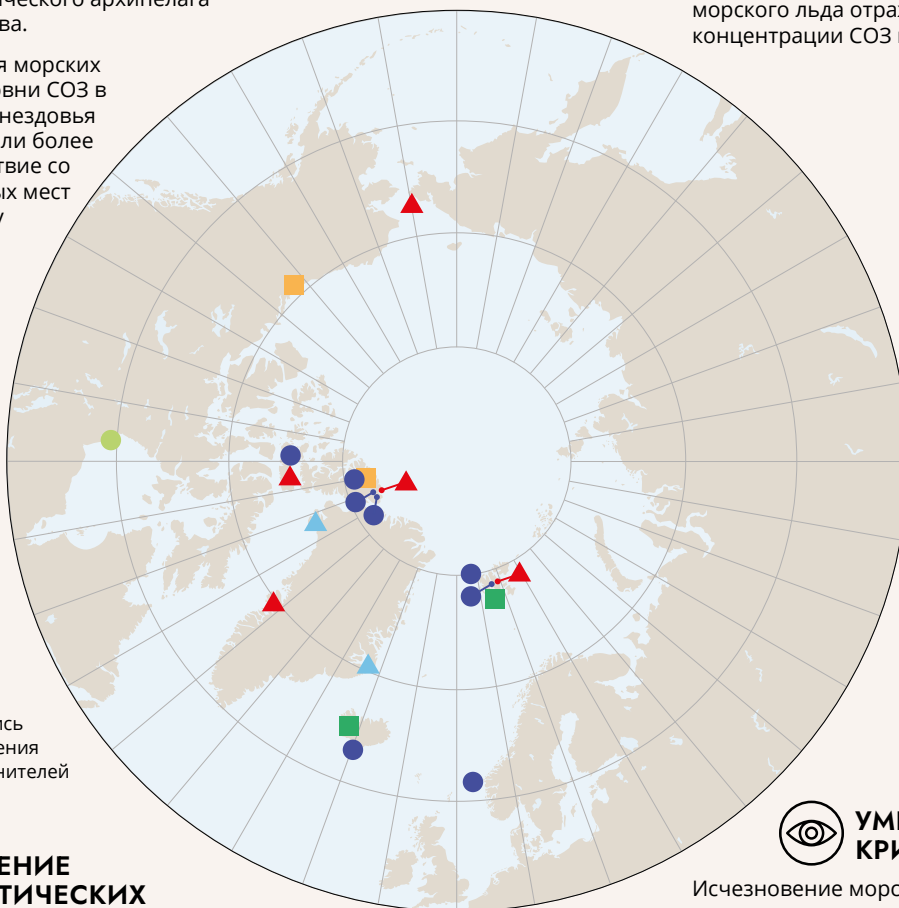
В результате таяния и эрозии вечной мерзлоты, окружающей арктические озера, накопленные загрязнители повторно попадают в пресноводные водосборы.

 В канадской Арктике таяние вечной мерзлоты было связано с повышением концентрации СО<sub>2</sub> в пресной воде, бентических беспозвоночных и арктическом гольце.

### ИЗМЕНЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА И ПИЩЕВЫЕ СЕТИ


Изменения в численности, распространении и сезонных перемещениях арктических видов создают новые экологические сообщества и взаимоотношения, которые изменяют пути и уровни воздействия загрязнителей в дикой природе.

 Изменения в питании белых медведей из-за уменьшения морского льда отражены в изменениях концентрации СО<sub>2</sub> в их тканях.




### УМЕНЬШЕНИЕ КРИОСФЕРЫ

Исчезновение морского льда, отступление ледников и уменьшение снежного покрова возвращают в кругооборот ранее осажденные загрязнители в воздухе, реках, озерах и морской воде и изменяют поведение зависящих от льда диких животных с последствиями для их рациона и воздействия загрязнителей.

 Более высокие поступления СО<sub>2</sub> и ПОВ в морскую воду, ледниковые озера и фьорды были связаны с усилением таяния льда из-за изменения климата. Уровни загрязнения у тюленей и белых медведей показали взаимосвязь с ледовым покровом и его качеством.

### ДВИЖЕНИЕ СУБАРКТИЧЕСКИХ ВИДОВ НА СЕВЕР

Растущее присутствие в Арктике биоты из более загрязненных регионов в низких широтах может привести к повышенному уровню загрязнения арктической пищевой сети.

 В канадской Арктике субарктическая мойва показывает более высокие концентрации СО<sub>2</sub>, чем арктическая треска.

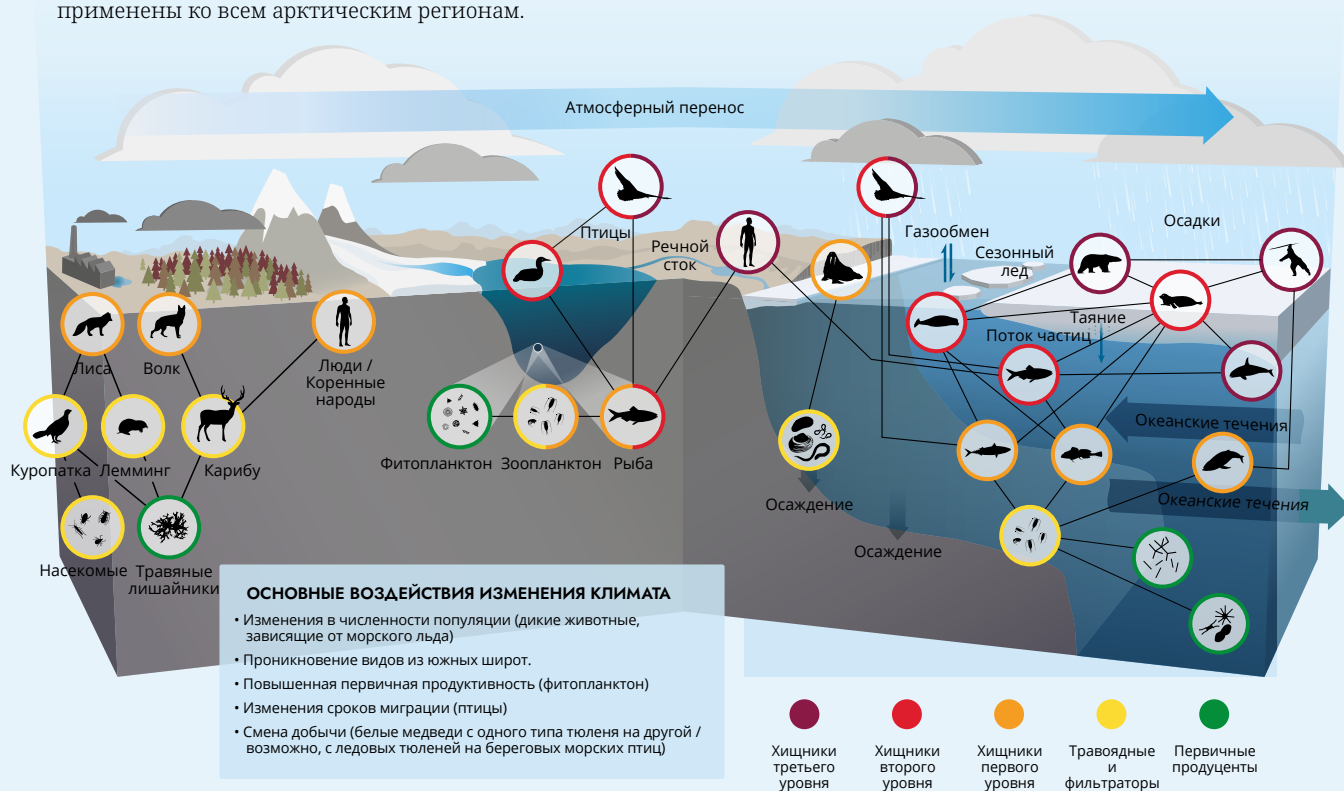


## Как изменения, связанные с климатом, влияют на накопление и перемещение загрязняющих веществ в физической среде Арктики?

Наблюдения показывают, что изменение климата явно усиливает мобильность и перенос CO<sub>2</sub> между физическими экологическими объектами Арктики; однако общее чистое влияние на уровни в конкретных компонентах окружающей среды, таких как воздух или морская вода, менее очевидно. Изменение климата влияет на биогеохимические пути и пути загрязнения во множественных, а иногда и в противоположных направлениях, что затрудняет оценку совокупного воздействия этих изменений. Более того, многие эффекты, по-видимому, зависят от конкретного места или региона и, следовательно, не могут быть широко применены ко всем арктическим регионам.

## Как изменение климата повлияет на уровни CO<sub>2</sub> в арктической биоте и пищевых сетях?

Текущие открытия показывают, что изменение климата влияет на арктическую биоту и пищевые сети через многочисленные дублирующие друг друга механизмы. В результате этих сложных и взаимосвязанных экологических изменений общее воздействие загрязняющих веществ в арктических экосистемах недостаточно изучено. Направление и степень изменений концентраций CO<sub>2</sub> в биоте непостоянны, но зависят от видов, экосистемы и местоположения и в настоящее время не предсказуемы; тем не менее, они происходят. Связанные с климатом воздействия на широкий спектр мест обитаний, видов и процессов несомненны, что, в свою очередь, может нарушить динамику CO<sub>2</sub> в арктических пищевых сетях.



Связанные с климатом изменения в источниках, путях распространения и экологической судьбе загрязняющих веществ дополнительно подвергаются воздействию из-за численности, ареала обитания, сезонности, доступности добычи и физиологии отдельных видов диких животных в арктических экологических сообществах. Тесно связанный характер трофических сетей Арктики и различные потенциальные воздействия изменения климата затрудняют оценку общего воздействия загрязняющих веществ на арктические виды.

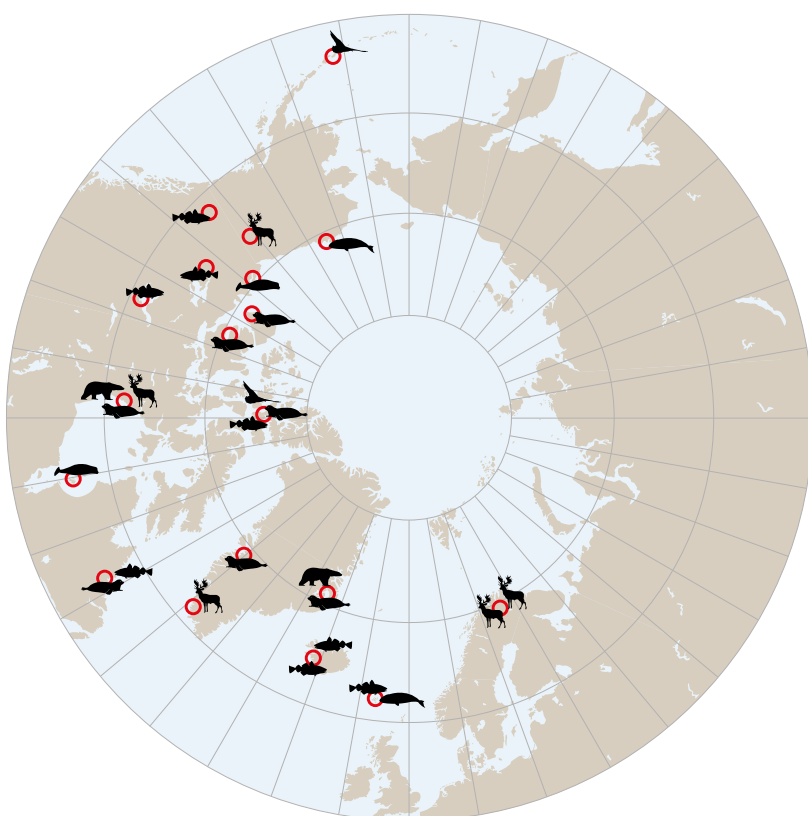
## Как знания коренных народов и местные знания могут способствовать обсуждению влияния климата на тенденции загрязнения окружающей среды?











Коренные народы и местные общины Севера на протяжении веков были напрямую связаны с арктическими экосистемами и обладают богатым объемом соответствующих знаний. Знания коренных народов и местные знания в сочетании с текущими наблюдениями за состоянием морского льда и экологическими изменениями могут значительно улучшить понимание связанных с климатом воздействий на тенденции загрязнения Арктики.

Настоящая оценка АМАР выявила важность долгосрочных усилий по мониторингу конкретных участков и необходимость улучшения доступа к данным о местных и региональных изменениях в климатических условиях.

Северные общины могут помочь удовлетворить эти потребности. Некоторые общины коренных народов уже отслеживают толщину морского льда, сроки его вскрытия и другие параметры, связанные с климатом. Однако другие коммуны, особенно те, которые ранее занимались мониторингом загрязняющих веществ в Арктике, также могут возглавить или стать партнером в сборе информации, связанной с климатом. Такие проекты под местным руководством помогут направить исследования, основанные на потребностях сообщества, и поддержать проекты мониторинга в течение десятилетних временных масштабов, необходимых для определения влияния климата на тенденции в области СОЗ.



-  Местный мониторинг
-  Кольчатая нерпа
-  Белуга
-  Другие киты
-  Рыбы
-  Карибу / северный олень
-  Морские птицы
-  Белый медведь

Многие северные общины участвуют в долгосрочном мониторинге СОЗ. Эти сообщества вносят или могут способствовать совместному производству знаний о местной дикой природе и изменениях окружающей среды. Особенно полезны исследования, сочетающие исследования загрязняющих веществ и климата.

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ДОЛГОСРОЧНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В АРКТИКЕ

Текущий экологический мониторинг приводит к временным рядам, которые помогают нам лучше понять тенденции загрязнения Арктики. Временные тенденции имеют решающее значение для оценки эффективности глобальных и региональных правил регулирования CO<sub>2</sub>, поддержки любых новых регуляторных действий для ПОВ и защиты продовольственной безопасности и здоровья коренных народов, которые полагаются на традиционные диеты. Тем не менее, комплексное воздействие изменения климата на источники, пути и судьбу загрязняющих веществ в арктических экосистемах может влиять на данные о временных тенденциях, тем самым влияя на интерпретацию временных тенденций, используемых для принятия решений.

## Связаны ли временные тенденции содержания CO<sub>2</sub> с климатическими параметрами или изменениями пищевой сети?

Хотя в настоящее время существует множество десятилетних временных рядов для CO<sub>2</sub> для воздуха и биоты Арктики, лишь немногие из них были исследованы на предмет связи с климатическими параметрами. Тем не менее, имеющиеся данные указывают на то, что факторы, связанные с климатом, включая состояние морского льда и климатические особенности, отраженные в индексах колебаний, могут влиять на масштабы тенденций загрязнения физической среды и биоты Арктики, включая рыб, морских птиц, тюленей и белых медведей. Однако взаимосвязь между климатом и временными тенденциями загрязнения неоднородна и варьируется в зависимости от местоположения, видов и измеряемых соединений. Кроме того, может существовать временной лаг между изменениями климата и воздействием на уровни CO<sub>2</sub>, таким образом, мы можем наблюдать только начало потенциально более значительного воздействия климата на тенденции загрязнения Арктики.

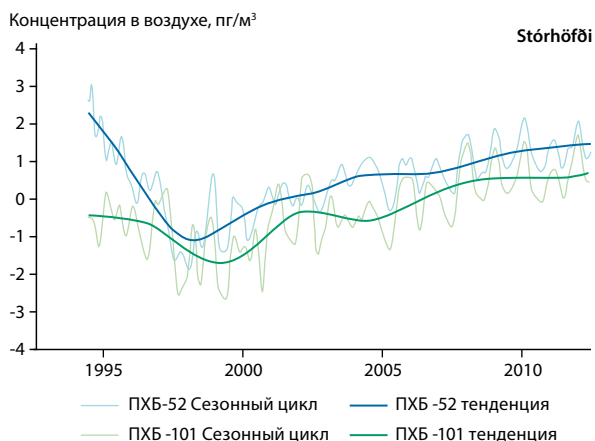
## Воздействует ли влияние климата на временные тенденции загрязнения на национальные и международные нормы регулирования химических веществ?

Смоделированные и наблюдаемые результаты для некоторых CO<sub>2</sub>, включенных в Стокгольмскую конвенцию, показывают, что первичные выбросы являются и будут оставаться основным фактором тенденций загрязнения Арктики. Однако, некоторые временные ряды показывают связанные с климатом воздействия на тенденции, которые могут повлиять на интерпретацию временных рядов загрязнителей, используемых для оценки эффективности Стокгольмской конвенции и других нормативных актов по CO<sub>2</sub>. Текущие результаты показывают, что влияние климата на тенденции загрязнения нельзя обобщать или широко применять по всей Арктике, поскольку степень и направление воздействия климата могут варьироваться в зависимости от загрязняющих веществ, видов и мест. Факторы, специфичные для местоположения, могут внести значительный местный или региональный компонент в долгосрочные тенденции в области CO<sub>2</sub>, поэтому постоянный мониторинг окружающей среды на предмет наличия как загрязнителей, так и данных, связанных с климатом, будет иметь важное значение для обоснования будущих регулирующих действий.



Связь между климатическими индикаторами и тенденциями загрязнения арктической биоты, включая рыб, морских птиц, тюленей и белых медведей, наблюдалась и в некоторых случаях может быть отнесена на счет изменения видов добычи, связанных с изменением климата. Изменения в протяженности морского льда влияют на доступность добычи и массу тела белых медведей, что сказывается на уровнях загрязнения. В условиях меньшей протяженности морского льда белые медведи имеют ограниченный доступ к своей основной добыче - тюленям, демонстрируют потерю веса и более высокие концентрации липофильных CO<sub>2</sub> в тканях.

## ЗАМЕДЛЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ СНИЖЕНИЯ CO<sub>2</sub>: ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА



В некоторых местах сокращение некоторых CO<sub>2</sub> замедляется и даже меняет направление, возможно, в связи с изменениями, связанными с климатом. Уровни PXB-52 и PXB-101 в воздухе в настоящее время повышаются на прибрежном участке Stórhöfði, Исландия, в непосредственной близости от отступающих ледяных шапок, после того, как ранее снизились.

### Насколько хорошо мы можем предвидеть, как загрязнители повлияют на Арктику в условиях будущего изменения климата?

Настоящая оценка выявила высокую сложность перекрывающихся прямых и косвенных воздействий изменения климата на CO<sub>2</sub> в Арктике. Общее влияние климата на уровни и тенденции загрязнения зависит от множества факторов, включая изменения источников загрязнения, путей переноса, окружающей среды Арктики и экологических сообществ. Некоторые из этих изменений станут очевидными в течение недель или месяцев, в то время как для развития других потребуются годы или десятилетия. В добавок к этой сложности, результаты будут зависеть от химических характеристик отдельных загрязнителей и будут варьироваться в зависимости от местоположения и вида. В основе всех этих переменных лежит неотъемлемая неопределенность, связанная с глобальным развитием изменения климата.

Хотя в настоящее время появляется все больше свидетельств того, что климат влияет на загрязняющие вещества в Арктике, сложные факторы, контролирующие эти изменения, до конца не изучены, что ограничивает возможность прогнозирования будущих результатов. Однако, в широком региональном масштабе и в долгосрочной перспективе текущие результаты показывают, что первичные выбросы продолжают оставаться доминирующим фактором, контролирующим воздействие CO<sub>2</sub> в Арктике. Таким образом, глобальные регулирующие усилия имеют и будут иметь важное значение для снижения будущего воздействия загрязняющих веществ в регионе. В то же время дополнительные региональные и национальные меры контроля будут важны для ограничения воздействия нерегулируемых в настоящее время ПОВ.

Чтобы улучшить способность прогнозировать влияние климата на Арктику, можно использовать модели,

сочетающие несколько экологических процессов, однако точность их прогнозов зависит от понимания экосистемных процессов и взаимосвязей, а также от наличия данных об оценках выбросов, физико-химических свойств, уровней концентраций в окружающей среде и трофических отношений между видами. Таким образом, наличие и больший доступ к экологическим данным будет ключом к улучшению будущих прогнозов.

### Недостаток данных и потребности в понимании влияния климата на загрязняющие вещества в Арктике

Несмотря на то, что существует много неопределенностей относительно воздействия изменения климата на арктические экосистемы, некоторые пробелы в знаниях особенно ограничивают наше понимание судьбы загрязняющих веществ в условиях продолжающегося изменения климата, и поэтому рекомендуется сделать их предметом будущих исследований:

- Физико-химические свойства загрязняющих веществ, особенно ПОВ.
- Уровни и источники первичных выбросов CO<sub>2</sub> и ПОВ.
- Методы различения местных, региональных и удаленных источников загрязнения, включая перенос на большие расстояния.
- Изменения физической среды Арктики, вызванные климатом.
- Изменения в перемещениях диких животных и структуре трофических сетей Арктики.
- Понимание механики корреляций между параметрами климата и уровнями загрязнителей в физической среде и биоте.
- Данные о загрязнителях и изменениях, связанных с климатом, для наземной среды и биоты низкого трофического уровня.

# РЕКОМЕНДАЦИИ

Основываясь на результатах этой оценки АМАП, рабочая группа АМАП рекомендует следующие шаги:

1



## ВКЛЮЧЕНИЕ ЗНАНИЙ О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В РЕГУЛИРУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАЩЕНИЯ С СОЗ:

- Группы, ответственные за оценку эффективности и оценку рисков в соответствии со Стокгольмской конвенцией и Конвенцией ЕЭК ООН по воздуху (Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния), внедряют процедуры, учитывающие возрастающее влияние изменения климата на уровни СОЗ и некоторые ПОВ, наблюдаемые в окружающей среде.

2



## НАСТОЯТЕЛЬНЫЙ ПРИЗЫВ К ДЕЙСТВИЯМ ПО СОЗ И ПОВ:

- Государства-члены Арктического совета и стороны Стокгольмской конвенции активизируют усилия по сокращению первичных выбросов СОЗ и продолжают рассматривать ПОВ на предмет их потенциального включения в Стокгольмскую конвенцию. Основываясь на моделировании климата и выбросов, ожидаемые эффекты глобальных регулирующих усилий по сокращению выбросов останутся основным фактором, определяющим уровни большинства СОЗ в арктической среде и арктической биоте в ближайшие десятилетия, и сбалаирируют возможные воздействия, связанные с изменением климата.
- Государства-члены и наблюдатели Арктического совета поддерживают существующие и рассматривают новые национальные, региональные и глобальные инициативы по регулированию и управлению химическими веществами из группы ПОВ, не попадающими под действие существующих договоренностей, и улучшают информирование населения Арктики о связанных рисках. По мере потепления Арктики возросшая деятельность человека в регионе, вероятно, будет способствовать локальным выбросам загрязняющих веществ, в том числе вызывающих обеспокоенность химикатов, которые выходят за рамки существующих механизмов регулирования загрязнителей, переносимых на большие расстояния. Примеры существующего законодательства включают Химическое регулирование в ЕС (REACH) и Канадский закон об охране окружающей среды (CEPA). Разработка и внедрение национального законодательства является ключевым элементом добровольных глобальных рамок для рационального управления химическими веществами и отходами, которые в настоящее время обсуждаются в качестве преемника Стратегического подхода к международному регулированию химических веществ (СПМРХВ).
- Арктическим государствам рассмотреть возможность независимых действий по упреждающему контролю над местными источниками загрязнения, в том числе связанными с активизацией деятельности человека, экстремальными погодными явлениями и разрушением конструкций местной инфраструктуры обращения с отходами в результате таяния вечной мерзлоты.

# 3



## РАСШИРЕНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЗАГРЯЗНИТЕЛИ

Правительства арктических государств и стран-наблюдателей, а также международные и национальные агентства, финансирующие исследования:

- **Расширить исследования, учитывающие влияние изменения климата и связанных с ним изменений экосистем на СОЗ и ПОВ, включая роль экстремальных погодных явлений в переносе на большие расстояния и выбросах из вторичных и местных источников загрязнителей.** Эти исследования следует расширить как по масштабам, так и по географическому охвату, чтобы улучшить базу знаний и понимание ключевых процессов.
- **Расширить программы долгосрочного мониторинга загрязняющих веществ в географическом и аналитическом масштабе, в том числе расширенные анализы с включением ПОВ, со сбором дополнительных биологических, экологических и климатических / метеорологических данных.** Сложное взаимодействие между изменением климата и загрязнителями требует долгосрочных и комплексных усилий по мониторингу окружающей среды, которые отражают разнообразие арктических экосистем и включают вспомогательные данные о климатических параметрах, условиях окружающей среды и популяциях диких животных, которые позволяют правильно интерпретировать выводы о загрязнении.
- **Содействовать увеличению совместного получения знаний путем поощрения исследований на уровне сообществ и содействия наращиванию потенциала арктических сообществ и программ научных исследований.** Использование знаний коренных народов и местных знаний для интерпретации тенденций в области СОЗ и их связи с изменением климата будет дополнять научные исследования и способствовать лучшему пониманию процессов, которые влияют на перенос и судьбу СОЗ и ПОВ в меняющихся климатических условиях и экосистемах.
- **Дальнейшее развитие методов и подходов анализа временных трендов для рассмотрения в контексте и изучения взаимосвязей с параметрами, связанными с климатом.** Применение данных методов для ретроспективного повторного анализа тенденций в существующих временных рядах с опорой на знания, полученные из ранее проведенных исследований.
- **Поощрять междисциплинарные исследования, отражающие сложность физических, химических и биологических процессов и быстрого развития как изменения климата, так и химического загрязнения.** Такой комплексный подход выиграет от сотрудничества между областями исследований, правительством, университетами, коренными народами и местными сообществами.



НОВЫЕ  
ДААННЫЕ



ПОДКРЕПЛЯЮЩАЯ  
ИНФОРМАЦИЯ



НЕДОСТАТОК  
ДААННЫХ

АМАП, созданная в 1991 году по восьмистороннему соглашению в рамках Стратегии защиты окружающей среды Арктики, осуществляет мониторинг и оценку состояния арктического региона в отношении загрязнения и изменения климата. АМАП подготавливает научно обоснованные оценки и материалы для информирования общественности и руководящих органов для использования в процессах выработки стратегий и принятия решений. С 1996 года АМАП является одной из шести рабочих групп Арктического совета.

Этот документ был подготовлен Программой Арктического мониторинга и оценки (АМАП) и не обязательно отражает точку зрения Арктического совета, его членов или наблюдателей.

Основа для этого резюме **Оценочный отчет АМАП 2020: Стойкие органические загрязнители (СОЗ) и потенциально опасные химические вещества (ПОВ) в Арктике: влияние изменения климата** является одним из нескольких отчетов и оценок, опубликованных АМАП в 2021 году. Читателям предлагается ознакомиться с этим и представленными ниже отчетами для получения более подробной информации по вопросам климата и загрязнения:

- *Оценочный отчет АМАП 2021: Ртуть в Арктике.*
- *Оценочный отчет АМАП 2021: Воздействие короткоживущих веществ на климат, качество воздуха и здоровье человека в Арктике*
- *Оценочный отчет АМАП 2021: Здоровье человека в Арктике.*
- *Обновленный отчет АМАП 2021: Изменение климата в Арктике: основные тенденции и воздействия*

АМАП является издателем оригинальной англоязычной версии данного доклада.

Перевод на русский язык осуществлен Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун» Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета.

При переводе отдавалось предпочтение передаче смысловой нагрузки каждого предложения, а не дословному переводу текста.

При несоответствии между переводом на русский язык и английской версией доклада, версия на английском языке является верной.

Мнения, представленные в русскоязычной версии, не обязательно отражают точку зрения АМАП.

Дальнейшая информация о проекте доступна на вебсайте [www.amap.no](http://www.amap.no) или через обращение в Секретариат АМАП.

#### АМАП секретариат

The Fram Centre,  
Box 6606 Stakkevollan,  
9296 Tromsø, Norway

Tel. +47 21 08 04 80  
Fax +47 21 08 04 85

[amap@amap.no](mailto:amap@amap.no)  
[www.amap.no](http://www.amap.no)

**АМАП**  
Arctic Monitoring and  
Assessment Programme

Cover Image: Kura St. Riene. Thermokarst slumps, Tjulabotn River (Quititjirpaq National Park, Ninnuic, Canada)