

# ПРОСПЕКТ

Российско-Американская Инициатива по Исследованиям  
Природной Среды Системы Шельф/Суша в Арктике (RAISE)

Редакторы: Сергей Прямиков и Игорь Мельников  
Стивен Л. Форман и Дж. Леонард Джонсон



Российский фонд фундаментальных исследований

# Общие представления

Целью RAISE (Российско-Американская Инициатива по Исследованиям Природной Среды Системы Шельф/Суша в Арктике) является развитие научно-технического сотрудничества между российскими и американскими учеными для более глубокого понимания процессов и явлений наземной и шельфовой природной среды северной части Евразии. В программе особое внимание уделяется динамике единой Арктической системы суша/шельф в результате внешних воздействий и внутренней изменчивости в различных временных и пространственных масштабах. Новые знания будут применяться для определения роли и реакции Евразийской Арктики на Глобальное Изменение на базе обобщения данных и анализа изменения природной среды в системе суша/шельф, а также проведения экспериментов с моделями. Данная инициатива будет плодотворно способствовать пониманию процессов, являющихся эндемическими в отношении области взаимодействия системы шельф/суша Арктики в масштабе десятилетий, столетий и тысячелетий, и, с использованием моделирования, даст возможность предвидеть изменения природной среды в будущем.

# Содержание

Предисловие

Введение и Цели

Элемент 1: Следствие и взаимосвязь Глобального Изменения с гидрологией, биогеохимией, динамикой экосистемы и биологическими особенностями Евразийского региона системы суша/шельф.

Элемент 2: Реакция ледников, морского льда и вечной мерзлоты на Глобальное Изменение в десятилетних, столетних и тысячелетних временных масштабах

Элемент 3: Воздействие Глобального Изменения на человека, адаптация культуры, и реакция на изменения природной среды Евразийской Арктики за прошедшие 20.000 лет.

Инициатива RAISE и другие научные программы

Список литературы

Приложение 1: Список участников Рабочего Совещания NSF-ARCSS *Научные Приоритеты по изучению Евразийских Арктических систем суша/шельф*, г. Колумбус, штат Огайо, январь, 1995

Приложение 2: Список участников международного финансируемого рабочего совещания NSF-ARCSS *Климат и система суша/шельф Арктики (Прошлое и настоящее)*, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия, 6-8 ноября, 1995

Приложение 3: Руководящий Комитет RAISE (1996-2000)





# Предисловие

Более открытый в последнее время доступ к просторам суши и полярных морей северной Евразии дает возможность для более глубокого понимания процессов и явлений природной среды Арктики. Тем не менее, должна существовать координация между Северо-Американским Научным сообществом и Российскими и Европейскими коллегами для определения и реализации научно-исследовательских приоритетов в Российской полушарии Арктики. Таким образом, в 1995 г. состоялись три рабочих совещания, финансируемых в рамках Арктической Системной Научной Программы Национального Научного Фонда. Первоначальное Рабочее Совещание состоялось в США в г. Колумбус, штат Огайо, в январе 1995 г., и в нем приняли участие примерно 40 ученых биологов, физиков и социологов из различных институтов России, Латвии, США, Канады, Германии и Норвегии (Приложение 1). На этом Совещании в форме докладов были обсуждены и определены вопросы по следующим четырем основным научно-исследовательским темам: 1) поток донных осадков, вода и лед; 2) биохимический цикл и динамика экосистемы; 3) криосферные взаимодействия; и 4) взаимодействие человека и биоты. В следующем Рабочем Совещании, которое состоялось в октябре 1995 г. также в США в Арлингтоне, штат Вирджиния, участвовали около 20 ученых, а также на нем были дополнительно определены научно-исследовательские направления, обсуждавшиеся на последующем Совещании, которое состоялось в России. На заключительном Рабочем Совещании, организованном в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте (ААНИИ), Санкт-Петербург, Россия в ноябре 1995 г., приняли участие более 100 Российских ученых (Приложение 2) и были выработаны перспективы по Российским научно-исследовательским приоритетам.

Отчеты по этим трем Совещаниям включают все основные направления программы. В дальнейшем программа была усовершенствована, и были определены научно-исследовательские приоритеты с учетом мнения двустороннего

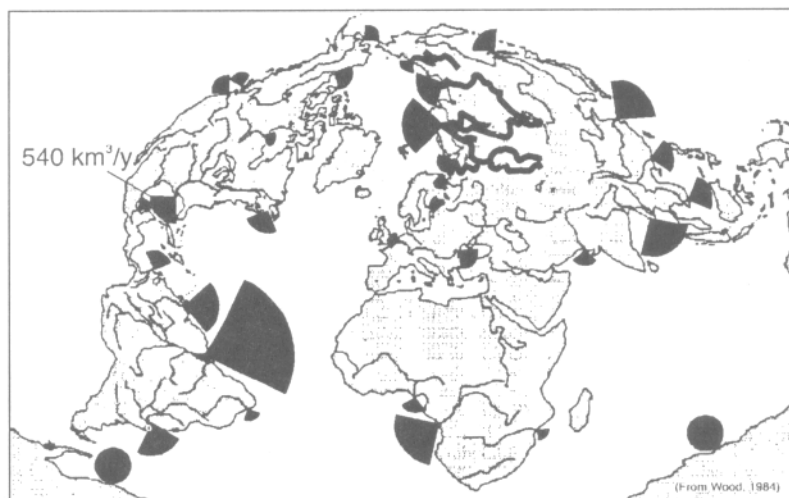
научно-руководящего комитета (Приложение 3), который осуществлял свою деятельность по программному плану в декабре 1996 г. Проект программы стадии разработки (Ноябрь 1996) и в последующей форме (Апрель 1997) был передан для комментариев в научно-руководящий комитет и другим заинтересованным членам Арктического Научного Сообщества России и США. Проекты программы были переведены на русский язык коллегами из ААНИИ, г. Санкт-Петербург, с целью двусторонней оценки данной инициативы. Данный программный план служит руководством российским и американским ученым для разработки и реализации предложений о совместных исследованиях и передачи их своим соответствующим агентствам, Американскому Национальному Научному Фонду и Российскому Фонду Фундаментальных Исследований.

Нам бы хотелось поблагодарить Офис программы RAISE за поддержку публикации русского варианта проспекта. Елена Березина сделала перевод с английского языка на русский текста брошюры, Дмитрий Большианов и Владимир Питулько оказали помощь в научном редактировании перевода, Евгений Дубинин подготовил макет и дизайн. В заключение, мы бы хотели поблагодарить Национальный Научный Фонд США и Российский фонд фундаментальных исследований за оказание финансовой поддержки и за возможность участия в развитии этой важной инициативы.

Сергей Прямыков и Игорь Мельников, со-председатели со стороны России  
Стивен Л. Форман и Дж. Леонард Джонсон, со-председатели со стороны США

## Введение и Цели

Евразийская Арктика, простирающаяся от Атлантического океана до Тихого и окаймленная Северным Ледовитым океаном, является критической областью, где по потоку вод и льду можно смоделировать климат Земли. Уникальным свойством Евразийской Арктики является ее обширный водосбор, простирающийся от Гималайских гор к арктическому побережью, что способствует притоку пресных вод к шельфу от трех из десяти крупнейших речных систем на Земле. Этот речной сток попадает на самый обширный в мире континентальный шельф, площадь которого составляет 25% всей шельфовой зоны. Большая часть этого шельфа относительно мелководна (менее 100 метров глубиной), и под ним находится вечная мерзлота. Существует еще одно обстоятельство, состоящее в том, что речная вода и ее компоненты оказывают существенное влияние на шельф и прилегающие океаны. Требуются новые данные о взаимодействии между природной средой суши, шельфа и океана Северной Евразии в прошлом и настоящем для более глубокого понимания роли и реакции Арктики на Глобальное Изменение.



Приток пресной воды в Мировой океан. Помечены реки Евразии с наибольшим стоком (Carmack, 1990)

Глобальные изменения могут повлечь за собой основные нарушения на границе суши и шельфа, и некоторые изменения являются уникальными для Арктики. Например, растущее потепление и таяние вечной мерзлоты на суше и под морем, связанное с повышением уровня моря, влечет за собой обширную эрозию береговой линии и приводит к большому притоку донных отложений и питательных веществ на шельф. Разрушение вечной мерзлоты, связанное с повышением уровня моря и потеплением, может привести к быстрому выделению большого количества парниковых газов. Современные измерения показывают, что мировой максимум  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  находится над арктическими и суб-арктическими широтами (Conway et al., 1994), по которому можно судить о процессах собственных Арктике (Семилетов и др., 1996; Зимов и др., 1993).

Другим важным параметром является изменчивость образования морского льда и его перенос, связанный с поступлением пресной воды из рек и имеющих большое значение для крупно-масштабных моделей циркуляции океана. Морские воды, разбавленные речными водами и образующихся на шельфе, оказывают существенное влияние на образование глубинных вод Северной Атлантики и степень вентиляции мирового океана. Базовые натурные данные о распространении морского льда, термохалинной структуре и циркуляции океанов, стоку рек и конфигурации ледяных щитов необходимы для оценки общего уровня моря (Peltier and Tushingham, 1989), истории ледяных щитов (Lambeck, 1995; Peltier, 1996), граничных условий для моделей общей циркуляции (Kutzbach et al., 1994), а также для оценки миграции и эволюции биоты в Северном полушарии (Вартанян и др., 1993).

Российско-Американская Инициатива по исследованию природной среды системы Суша/Шельф в Арктике (RAISE) является программой по проведению совместных научных исследований Российскими и Американскими учеными, целью которых является более глубокое понимание компонентов природной среды и климата, свойственных Арктике и модулирующих климат Земли. В программе особое внимание уделяется определению чувствительности и взаимосвязи процессов в пределах Арктической системы суша/шельф, включая такие важные по своей значимости факторы, как химический состав атмосферы, термохалинная структура океанов и суммарный баланс радиации. Для достижения этой цели мы должны понимать процессы, происходящие в Арктической системе суша/шельф во временных масштабах, учитывая такое явление, как речной сток, динамика вечной мерзлоты и континентальные ледяные щиты. Инициатива RAISE подчеркивает важность гидрологической системы северной Евразии при оценке распространения ледников, образования и перемещения морского льда, а также стратификации и продуктивности северных океанов. Более глубокое понимание Арктической системы суша/шельф позволит оценить чувствительность арктического климата и природной среды к деятельности человека с учетом естественной изменчивости.

Исследования в рамках инициативы RAISE имеет географическую привязку к Евразийской Арктике из-за появившейся недавно возможности проведения совместных Российско-Американских научных исследований и преобладанию континентально-масштабных водоразделов, обширных низменностей и эпиконтинентальных морей, исследованию которых уделяется недостаточное внимание для понимания Арктики как системы. Исследование севера Евразии может быть использовано для создания более экономичной логистики с Европейскими и

Канадскими партнерами, что соответствует многим элементам программы. Научные исследования должны быть направлены на получение нового взгляда на процессы, происходящие в природной среде, и явления северной Евразии, что вместе со знанием других областей Арктики и накопленными данными принесет новое понимание Арктической системы.

## Цели

Элементы инициативы RAISE являются научными темами для развития научного сотрудничества Российских и Американских ученых. Эта инициатива определяет необходимость изучения и моделирования как современной, так и арктической системы в прошлом с целью более полной оценки причин и результатов естественной изменчивости природной среды и климата. Целью программы RAISE является определение реакции Арктической системы суша/шельф на климатические изменения в настоящем и недавнем прошлом (20 000 лет). Основанная на более глубоком знании процессов и реакции на изменение климата в прошлом, программа направлена на разработку более достоверных моделей для оценки его изменений в будущем. Для этого необходимо накапливать новые данные по северной Евразии и усовершенствовать модели климата, ледниковых щитов и гидрологические модели, для последующего углубления знаний о процессах, взаимосвязях, формах изменчивости климата и природной среды и, связанным с этим, процессом взаимодействия человек - природа.

В проспекте по программе RAISE определены три основных элемента в совместных Российско-Американских научных исследований:

- Последствия и взаимосвязь Глобального Изменения с гидрологией, биогеохимией, динамикой экосистемы и биологическими особенностями Евразийского региона системы суша/шельф;
- Реакция ледников, морского льда, и вечной мерзлоты на глобальное изменение в десятилетнем, столетнем и тысячелетнем временных масштабах;
- Влияние Глобального Изменения на человека, адаптация культуры, реакция на изменения природной среды за последние 20.000 лет.



## Элемент 1: Последствия и взаимосвязь Глобального Изменения с гидрологией, биогеохимией, динамикой экосистемы и биологическими особенностями Евразийского региона системы суша/шельф

### Взаимодействие системы Шельф/Бассейн

Евразийский шельф тесно связан с Мировым океаном посредством обмена поверхностными водами через Берингов Пролив, Восточное Гренландское Течение, Канадский Архипелаг, а также обменом поверхностными и глубинными водами через пролив Фрама (например, Aagaard et al., 1985; Aagaard et al., 1991; Bunish and Schlosser, 1995). Вентиляция глубинных вод океана происходит вследствие охлаждения Северо-Атлантических вод в Норвежском и Гренландском морях и вследствие вторичного потока плотной насыщенной соленой морской воды от Евразийского шельфа в СЛО (Aagaard et al., 1985; Carmack, 1990). Пространственная и временная изменчивость притока вод Северной Атлантики является важным фактором, влияющим на распространение морского льда, поток тепла в полярную область и климатологию Арктики. Адвекция вод Северной Атлантики в Арктику влияет на межширотный обмен водными массами между СЛО и прилегающим континентальным шельфом. Приток вод Тихого океана через Берингов пролив, вынос промежуточных и глубинных вод из СЛО и приток пресных вод из Сибирских рек может оказывать большое влияние на адвекцию вод Атлантики в северные моря (Bryan, 1986; Reason and Power, 1994). В свою очередь, приток пресных вод из северных морей может замедлить или остановить формирование глубинных вод северной Атлантики (Rahmstorf, 1994).

Приблизительно 10 % верхнего 100-метрового слоя СЛО состоит из речных вод, в основном, формирующих плюмажи разбавленных речных вод на континентальном шельфе северной Евразии и распространяющихся почти через всю территорию Арктического бассейна (например, Ostlund and Hut, 1984; Schlosser et al., 1994). Эти, преимущественно речного происхождения, поверхностные воды имеют характерные им свойства: соленость, щелочность, карбонаты, а также содержание изотопов кислорода, и распространяются отчетливым фронтом

## Основные задачи

- Описать документально исторические изменения земного водного баланса и стока пресных вод, включая сезонные компоненты осадков, суммарное испарение и ресурс вод, поступающих из районов вечной мерзлоты. Получить биотические и геохимические достоверные данные и разработать модели водосбор/шельф для оценки изменения водного баланса по десятилетним и тысячелетним временным масштабам.
- Определить влияние Глобального Изменения на природную среду устьев рек, таких как дельты и эстуарии, включая трансформацию взвешенных и растворенных составляющих, изменения в геоморфологии и продуктивности, а также расположение речных и морских фронтальных зон. Оценить изменения переноса веществ в шельфовую систему из рек, береговую эрозию, золотые потоки и определить соответствующие изменения биологической продуктивности.
- Оценить изменения уровня моря на Евразийском шельфе, включая эвстатические и изостатические элементы, а также результирующее батиметрическое развитие за прошедшие 20.000 лет. Необходимо иметь информацию о взаимосвязи эволюции речных стоков, береговой геометрии, разрушении вечной мерзлоты, а также изменений направления шельфовых течений с учетом изменения уровня моря.
- Определить образование, распространение и изменчивость морского ледяного покрова в годовом и тысячелетнем временных масштабах. Исследование должно предусматривать адаптацию, перенос и судьбу биологических, геологических и химических веществ в морском льде.
- Оценить пространственные и временные изменения переноса шельфовых вод в Евразии. Необходимо иметь данные о путях распространения Атлантических и Тихоокеанских вод, а также о процессах смешивания с пресными водами, поступающих с речным стоком, атмосферных осадков или перемешивания, происходящего в результате таяния морских льдов. Принимая во внимание изменяющуюся циркуляцию, должна быть проведена оценка изменения структуры и распространения биологических сообществ.

через Бассейн Нансена к проливу Фрама (Andersen et al., 1989; Schlosser et al., 1995a). Перемешивание пресных вод с нижележащими водными массами затруднено, что способствует устойчивости морского льда, который понижает индуцированную ветром поверхностную турбулентность и влечет за собой устойчивость пикноклина. Приблизительно равное количество насыщенных речными водами поверхностных вод протекает через Канадский Архипелаг и пролив Фрама (Schlosser et al., 1995b). Отчетливый пресноводный характер поверхностных вод и относительно неизменное их состояние при перемещении через Арктический бассейн, является уникальным для СЛО. Необходимы дополнительные данные о пресных водах, поступающих от Евразийского шельфа.

Некоторая часть стока пресных вод от Сибирских и Северных Американских рек накапливается в круговороте Бофорта, где может находиться многие годы, формируя большие пресноводные линзы (Aagaard and Carmack, 1989). Несмотря на то, что мало известно об изменчивости в круговороте Бофорта, она может повлечь за собой смену знака циркуляции при изменении ветровых траекторий в летний период (McLaren et al., 1987; Serreze et al., 1989). Можно наблюдать большую изменчивость по десятилетним временным интервалам при изменении размера и местоположения круговорота (Кочетов и др., 1994). Эти изменения циркуляции могут усилить поток вод с относительно низкой соленостью, "накопленных" в круговороте Бофорта через проливы в Канадском Архипелаге или проливе Фрама, и при этом возникает явление "великой аномалии солености" (Dickson et al., 1988; Macdonald, 1996).



## Связь суша-шельф

Эпиконтинентальные моря — Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское, граничащие с северной частью Евразии, включают в себя 25% всего пространства континентальных шельфов Мирового океана, и за исключением Баренцева и части Карского морей, имеют глубины, в основном, менее 50 метров. Эти мелководные шельфовые моря являются в северном полушарии основным источником морского льда, промежуточных и глубинных вод, а также речных поверхностных вод. Летом, когда происходит вынос поверхностных вод с низкой плотностью, шельф можно сравнить с эстуарием. Зимой наблюдается картина “реверсированного эстуария” — вынос глубинных соленых вод с высокой плотностью при образовании морского льда. (Midttun, 1985, Carmack, 1990). Теплые поверхностные воды Атлантики не проходят дальше южной части Баренцева моря (Loeng, 1991). Однако трансформированные воды Атлантики на средних глубинах (от 150 до 400 м) проникают в евроазиатские шельфовые моря на неопределенное расстояние, принося тепло и питательные вещества (Aagaard et al., 1985).

Евразийский континент является основным источником притока пресной воды в Северный Ледовитый океан. Примерно 70% (2960 км<sup>3</sup>) притока речной воды приходит от стока трех евроазиатских рек - Оби, Лены и Енисея (Carmack, 1990, Гордеев, 1996). Большая часть этой пресной воды уходит в виде морского льда и является источником до 10% поверхностных вод Трансполярного Дрейфового Течения. Такой значительный сток воды является следствием большой величины площади водосбора (13054x10<sup>6</sup> км<sup>2</sup>) рек, впадающих в Карское, Восточно-Сибирское моря и море Лаптевых. На площадях водосбора рек, к востоку от Уральских гор выпадает сравнительно мало осадков — от 100 до 600 мм/год (Гордеев, 1996). Таким образом, небольшое изменение регионального количества осадков в континентальной части России, либо создание водохранилищ, могут значительно изменить приток пресной воды в северные моря. Для речных систем Сибири характерна большая межгодовая изменчивость речного стока ( $\pm 50\%$  от средней), отражающая крупномасштабные изменения синоптических элементов (Антонов и Морозова, 1957). В свою очередь, перенос

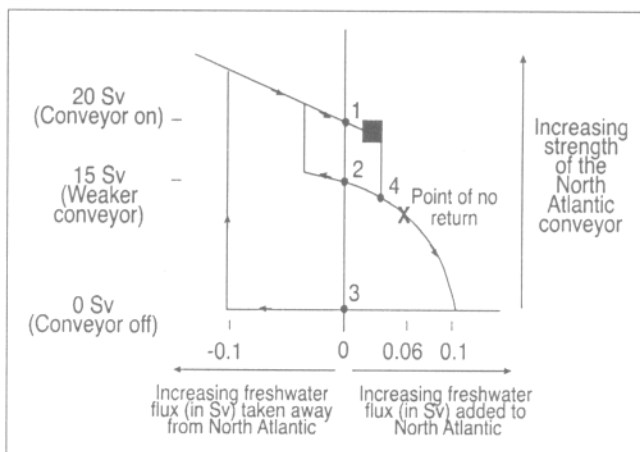


Рисунок 1.1. Схематическая диаграмма, показывающая поведение Северного Атлантического Конвейера при слабом изменении перемещения пресных вод (Weaver, 1995).

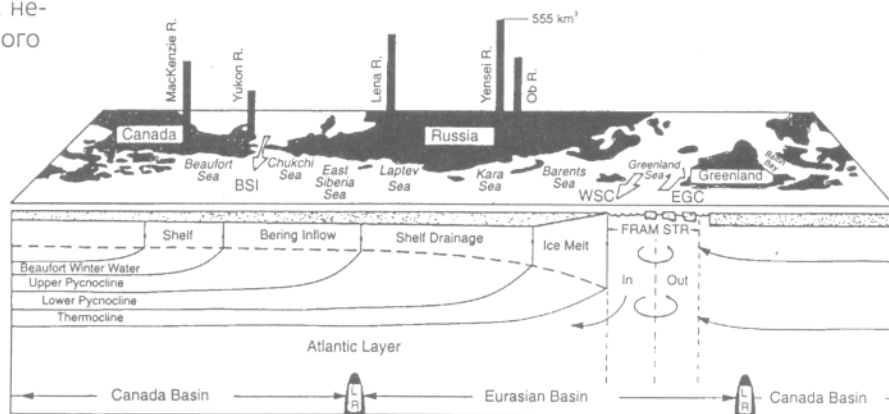


Рисунок 1.2. Схема, показывающая циркуляцию и стратификацию, связанных с притоком речных вод и галоклиной вентилиацией в СПО (модифицированную по Carmack, 1999). Показан речной сток, относительно среднего годового стока с площади 555 км<sup>2</sup> р. Енисей.

через шельф питательных и осадочных веществ в шельфе также в большой степени зависит от изменчивости притока рек.

Евразийские шельфовые моря, за исключением Баренцева моря, обычно летом сильно стратифицированы, отражая тем самым высокий приток речных вод (ср., Aagaard and Carmack, 1989). Пресные воды, поступающие к шельфу, отклоняются к востоку вдоль побережья под воздействием силы Кориолиса, и их поток по направлению к берегу усиливается, удерживаясь у мелководья. В Карском море сток вод из Оби, Енисея и Пясины покидает его как с севера, так и с юга от Северной Земли, впадая в Море Лаптевых, частично вовлекаясь в Трансполярное Дрейфовое Течение. Воды из Хатанги, Лены и Яны стекают в море Лаптевых. Эти пресные воды перемещаются также к востоку, по направлению к Ново-Сибирским островам, где большая часть их отклоняется к северу и попадает в Трансполярное Дрейфовое Течение. Средний период присутствия вод на шельфе составляет приблизительно 3 года (Schlosser et al., 1994; Павлов и Фирман, 1995). Воды на обширной шельфовой области обычно сначала смешиваются в сезонном цикле под воздействием поверхностного потока плотности, связанного с образованием морского льда. Эти плотные воды двигаясь в широтном направлении, покидают шельф и производят вентиляцию СЛО, создавая сильную стратификацию верхних слоев океана (Aagaard and Carmack, 1994).

Реки северной Евразии показывают экстремальную сезонную изменчивость, выдавая до 90% стока в летние месяцы (Фирман, 1995). Весеннее вскрытие речного льда распространяется вниз по течению и может проходить очень бурно, сопровождаясь сильным сжатием льда и наводнениями, увеличивая эрозию русла. Довольно часто, в реках сток происходит по поверхности морского льда, распространяясь далеко по припаю. (Remnitz and Bruder, 1972). Запруженные пресные воды на поверхности льда могут прорываться, создавая водовороты, которые проникают до дна моря, что приводит к взмучиванию донных осадков (и загрязнителей) при перемещении через шельф (Remnitz et al., 1994). Необходимо накапливать данные о сезонной, годовой и тысячелетней изменчивости речных систем северной Евразии для оценки контролирующих процессов транспорта донных отложений, питательных веществ и загрязнителей к шельфу (Macdonald and J.M.Bewers, 1996).

## Динамика морского льда

Обширные шельфы моря Лаптевых, Карского, Восточно-Сибирского и Чукотского морей часто бывают покрыты льдом 10 месяцев в год и более и являются основным источником льда для Трансполярного Дрейфового Течения. Морской лед часто образуется на устойчивых полыньях континентального шельфа, создавая границу между прибрежным и дрейфующим льдом. Перенос тепла в атмосфере Арктики над полыньями может быть на два порядка выше, чем над окружающим льдом (Aagaard et al., 1987). Зимой размер и протяженность полыней существенно влияет на запас тепла в Арктике. Таким образом можно заключить, что сезонная изменчивость в морском ледяном покрове влияет на планетарное альбедо.

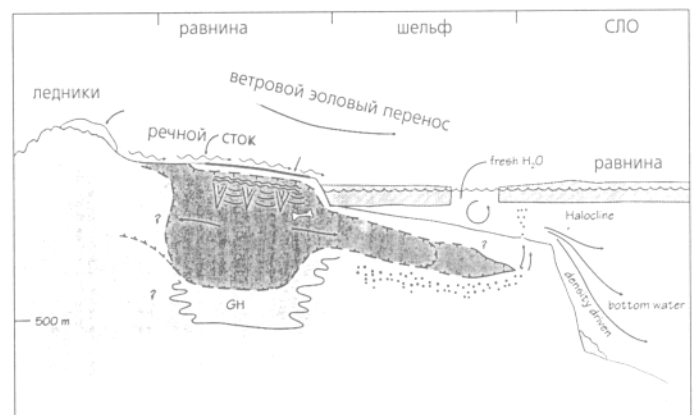
Движение морского льда обеспечивает перемещение большого количества пресных вод между шельфовыми морями и к Северному Ледовитому и Атлантическому океанам. Необходимо реконструировать изменения потока

морского льда и его площади в десятилетнем и тысячелетнем временных масштабах, в особенности, по областям в Баренцевом море и проливе Фрама, где существует взаимодействие между теплыми поверхностными водами Северной Атлантики (Rudels et al., 1994; Фирман и др., 1989), или где образуются шельфовые воды (Midttun, 1985; Quadfasel et al., 1988). Эти перемещения водных масс существенно влияют на циркуляцию, вентиляцию и поступление питательных веществ в Арктические внутренние моря (Aargaard et al., 1981; Aargaard and Carmack, 1989; Rudels et al., 1984; Schlosser et al., 1995). В измерениях и моделях особое внимание должно уделяться определению связей между температурой воздуха и стоком рек и изменением в процессе образования морского льда, его перемещением и распространением в северных океанах и морях.

Многочисленные наблюдения отмечают наличие загрязненного морского льда, поступающего от шельфов Арктики (Nurnberg et al., 1994). Небольшой процент отложений в морском льду, возможно имеет эоловое происхождение. Хотя часть отложений, возможно, образуется путем прямого вмораживания донных отложений в морской лед, большинство частиц попадают в морской лед путем переохлаждения отложений, поднятых волнами в полынье. Основным источником отложений, попадающих в СЛО с морским льдом, а также загрязняющих частиц, попадающих из пролива Фрама, возможно, является Российский шельф (Фирман, 1989, Фирман, 1996).

Образование морского льда зимой над мелководными шельфами приводит к стоку рассола, следствием чего является усиление плотностного глубинного течения вглубь СЛО (Midttun, 1985; Quadfasel et al., 1988). Эти глубинные воды ответственны за перенос лимитирующих продуктивность питательных веществ от шельфа в СЛО. Циркуляция, вызванная изменением плотности, в северных шельфах в рамках общей циркуляции термохалина является плохо изученным параметром.

Помимо исторических наблюдений немного известно об изменениях в распространении и толщине морского льда и о сопутствующих процессах. Первичная продукция тесно связана с распространением морского льда и, таким образом, исследование колонок седиментов с Евразийского шельфа может принести новые идеи относительно ледовых условий в прошлом (Keigwin and Gorbarenko, 1991). Места формирования морского льда в последний ледниковый максимум при эвстатически низком уровне моря, возможно, сдвинулись к более глубоководным районам СЛО, вследствие чего количество поступающих в Арктический бассейн питательных веществ и осадков значительно снизилось. Данные отложений СЛО во время последнего ледникового максимума с абсолютной достоверностью показывают почти полное прекращение осадкообразования и резкое сокращение продуктивности, которые, возможно, явились следствием большей толщины льда и менее мобильного пака (Stein et al., 1994, Jones, 1994a). Повышение уровня моря с таянием ледника явилось причиной ускоренного перемещения областей формирования льда к шельфу, вследствие чего



Схематическое представление процессов в системе суша/шельф на Евразийском Севере

переносится большее количество отложений (Фирман, 1989). Повышение уровня моря приводит к расширению Берингова Пролива, вследствие чего поток вод, богатых питательными веществами попадает в СЛО, и устанавливается максимальный для полушария поток между водами Тихого и Атлантического океанов (Reason and Power, 1994). Летом повышенная температура морской поверхности, свойственная Северным морям в раннем Голоцене, 9000 до 6000 лет до н.э. (Salvigsen et al., 1992; Jones, 1994b), способствовала большему притоку Атлантических вод, что привело к значительному сокращению ледяного покрова, возможно, менее исторического минимума. Наоборот, во времена малой ледниковой эпохи или вследствие других новоледниковых явлений южная граница паковых морских льдов могла продвинуться вглубь морей Евразийского шельфа.

### Палеогидрологическая неопределенность

За последние 20000 лет в гидрологии Евразии произошли огромные изменения. Сток многих евразийских рек, видимо, снизился во время последнего ледникового максимума, отражая похолодание и большую сухость климата на сибирских равнинах (Ukrainitseva, 1993). Потом, возможно, часть площадей водосбора ушла под надвигающиеся ледники, направляя стоки от СЛО к Средиземному морю (Rudoy and Baker, 1993). Таким образом, за последний ледниковый максимум сток пресных вод из Российских рек в СЛО, возможно, сильно упал, что оказало большое влияние на процесс образования морского льда, потоки отложений и питательных веществ, формирование галоклина и термохалинную циркуляцию. Повышение уровня моря в период конца оледенения и отступление ледника должны были привести к быстрому увеличению стока пресных вод в шельфовые моря, чему соответствуют малые значения  $d^{18}O$  в фораминифере планктона в восточной части СЛО (Stein et al., 1994). Достигший к середине Голоцена высшей точки подъем уровня моря и разрушение вечной мерзлоты также могут быть связаны с максимумом притока пресных вод и питательных веществ в северные океаны.

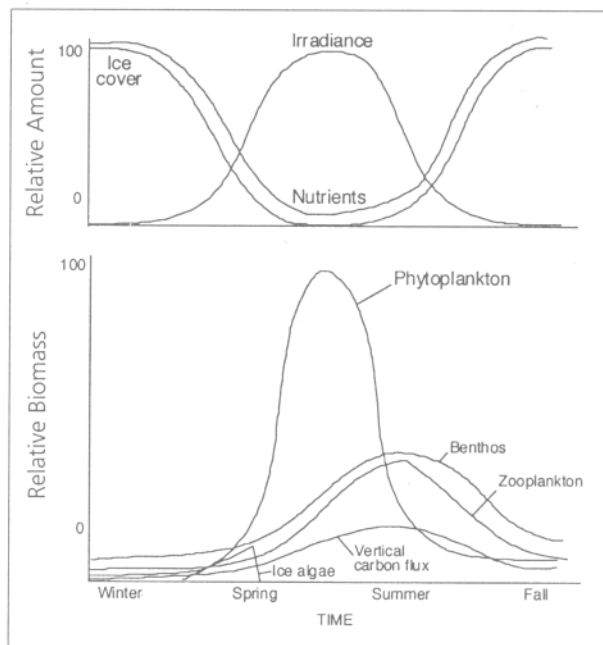
Мелководные моря континентального шельфа северной Евразии чувствительны к изменениям уровня моря, особенно во время ледниковых/межледниковых переходов. Эпиконтинентальные моря северной Евразии могли не существовать во время последнего ледникового максимума, когда ледниковые щиты покрывали большую часть, если не полностью, Баренцево и Карское моря. Имеются данные, что ледники значительно отступили от моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей и прилегающих равнин, в большой степени обнажая шельфовые зоны при уменьшении уровня моря на 120 м (Fairbanks, 1989). Таким образом, многие из процессов, характерных для нынешней природной среды шельфа, такие как образование морского льда и сопутствующие стоки рассола, не особенно ярко проявлялись во время ледниковых периодов. Море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря, у которых большая часть шельфовой зоны имеет глубину до 100 м, особенно чувствительны к послеледниковому подъему уровня моря. Подъем уровня моря может ускорить и без того быстрый (от 1 до 10 м/год) процесс отступления суши большей части арктического побережья и за счет береговой эрозии обеспечить поступление органических и питательных веществ, поддерживающих продуктивность шельфа (Reimnitz et al., 1994, Soloman, Timokhov and Reimnitz, pers. comm., 1994).

## Источники питательных веществ и продуктивность шельфа

Исследование изменения продуктивности шельфа имеет неопределимое значение для оценки земных и морских ресурсов, поглощения и трансформации углерода, азота и сопутствующих парниковых газов. Мелководные шельфовые моря Евразии поддерживают разнообразную экосистему, ограниченную доступностью света и питательных веществ (Grebmeir et al., 1995). В свою очередь, количество поступающего света зависит от распространения и толщины морского льда, степени замутнения воды, зависящей от стока, таяния морского льда, содержащего осадки, а также от явлений ресуспендирования. Приток вод Тихого океана через Берингов пролив и сток с Евроазиатского побережья являются для шельфовых морей основными источниками питательных веществ и углерода для шельфовых морей и СЛО. Биогеохимическая цикличность в шельфовых отложениях является значительным источником и поглотителем питательных веществ к или от вышележащих водных слоев (Codispoti et al., 1991). Поверхностная продуктивность часто достигает наивысшей степени при максимально доступном количестве питательных веществ на кромке морского льда и в областях речного стока. Питательные вещества, поступающие из рек обычно сконцентрированы в прибрежной зоне и образуют область с максимальной продуктивностью (Гордеев, 1996). В областях с высокой первичной продуктивностью создаются благоприятные условия для существования бентических сообществ, растений и сообществ двусторчатых моллюсков, которыми питаются морские млекопитающие, косяки рыб и популяции птиц, которые, в свою очередь, используются местным населением.

Летом стоки северных рек насыщены богатыми органикой почвами и глинами и являются важным источником органического углерода и питательных веществ для шельфовых морей. Реки Евразии с площадями водосбора более 1000 км<sup>2</sup>, такие как Обь, Лена, Енисей собирают с континента стоки и питательные вещества в ограниченные по площади эстуарии и области, прилегающие к дельтам рек, которые летом становятся областями с высокой продуктивностью. Изменения в продолжительности сезона таяния, параметрах атмосферных осадков и разрушение вечной мерзлоты в северной Евразии могли значительно менять количество и сезонность поступления пресной воды и сопутствующих питательных веществ в арктические моря.

Разрушение береговых скал с грунтовым льдом является распространенным явлением в северных морях, что является также источником питательных веществ, хотя и меньшим по сравнению с речным притоком. Отступление берега от 1 до 10 метров в год зафиксировано в определенных областях Карского моря и моря Лаптевых (Аре, 1988). Во время периодов быстрого повышения уровня моря степень отступления берега может быть существенно больше. В большей



Схематическое представление процессов в системе суша/шельф на Евразийском Севере

степени разрушение береговых скал происходит во время сезона открытой воды. При этом частицы и растворенные органические вещества поступают в прибрежную зону, максимально увеличивая продуктивность.

Проникновение и рассеивание питательных веществ с континентального шельфа в Арктический бассейн тесно связано с формированием галоклина и биологической активностью. На континентальном шельфе самая высокая продуктивность часто наблюдается там, где смешиваются морские и речные воды, создавая благоприятные условия для цветения фитопланктона. Однако часть растворенных питательных веществ, принесенных речной водой, проникает в галоклин и перемещается в центральную часть СЛО. Шельфовые питательные вещества в верхнем галоклине могут повысить продуктивность СЛО при смешивании с поверхностным слоем воды под воздействием ветра, движения ледяных килей и при разрушении внутренних волн о край шельфа.

При глобальном потеплении продуктивность СЛО и прилегающих шельфовых морей должна возрасти. Дальнейшее развитие событий предвещает уменьшение морского ледяного покрова, что способствует улучшению условий проникновения света и большему потоку питательных веществ при усилении процессов ветрового перемешивания в шельфовых морях (Walsh, 1989). Однако, подобная оценка не учитывает полностью влияние увеличения количества осадков либо изменения расхода воды в реках на процессы, происходящие в шельфах и на количество питательных веществ. Кроме того, очень важно понять, что происходит с осадочными и растворенными веществами Евразийских рек, т.к. со стоком воды может поступать значительное количество радионуклидов, тяжелых металлов и хлорорганических элементов. Нет ясной картины дальнейшей судьбы этих загрязняющих веществ и их влияния на продуктивность шельфа, биологическое многообразие Арктики и на человека.

### Динамика наземной экосистемы

Экосистемы Арктики особенно чувствительны к изменению климата вследствие больших запасов углерода в почвах и преобладания зоны вечной мерзлоты. Северные ландшафты, хотя и занимают 14% мировой суши, содержат 25% мирового запаса углерода в почвах (Oechel and Vourlitis, 1994). Отступление зоны вечной мерзлоты и высыхание почв может привести к образованию новых источников парниковых газов (Oechel et al., 1993). Около 9600 Гг органического углерода (приблизительно в 13 раз больше, чем в атмосфере) по оценкам находится в верхнем 100-метровом слое вечной мерзлоты и в будущем может быть источником  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  при распространении озер с талой водой (Семилетов, 1995). В свою очередь, изменения в ландшафте приведут к изменению расхода воды в реках и поступления питательных веществ на шельф. Необходимо разобраться в связях между изменениями экосистемы суши, изменениями в потоках от суши к шельфу, а также результирующего влияния на биологические и физические процессы на шельфе. Разработка интегрированных моделей водосбор/шельф позволит исследовать влияние потоков суша - море на стратификацию и продуктивность шельфа и обеспечить улучшение граничных условий для глобальных океанографических и климатических моделей.

Северная граница леса представляет наиболее ценную палеоклиматическую информацию, т.к. она совпадает со средним июльским положением поляр-

ного атмосферного фронта (Krebs and Barry, 1970). Распределение растительности в северной Евразии, особенно распространение лесов в северном направлении, может сильно сказаться на радиационном балансе (Foley et al., 1994). В Голоцене северная граница леса могла меняться в пределах сотен километров вместе с изменениями в континентальности климата, контролируемые уровнем моря и изменениями в инсоляции и атмосферной циркуляции (McDonald et al., in review). Движение границы леса по Евразии должно привести к другим ландшафтным изменениям, таким как изменение в распространении зоны вечной мерзлоты, поверхностного стока и гидрологической реакции рек.

## Научные приоритеты

1. Документальное обоснование изменения наземной экосистемы северной Евразии за последние 20 000 лет, соответствующей реакции гидрологической системы, а также оценка роли растительности и почвы Арктики и Глобального Изменения климата с помощью моделирования.
2. Изучение циркуляции углерода в северной Евразии с целью оценки источников и поглотителей  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ . Необходимо оценить количественно притоки осадочных и растворенных органических веществ из речной воды и в результате береговой эрозии, и определить, что происходит в эстуариях, природной среде дельты и шельфах.
3. Поддержание и дальнейшая разработка баз данных и моделей стока рек, донных наносах и геохимии для изучения Евразийского Арктического водосбора. Основное внимание должно быть направлено на получение долго временных рядов данных (более 25 лет) по рекам Евразийского севера.
4. Разработка и применение средств дистанционного зондирования для изучения изменений стока рек, состояния морского льда, береговой эрозии, растительности, пожаров и изменения уровня моря. Временные серии снимков должны соответствовать полевым измерениям и отображать сезонные и годовые изменения гидрологической системы.
5. Измерение и дальнейшая разработка моделей с целью оценки влияния изменения речного притока, вод Атлантического и Тихого океанов на обмен водными массами между Евразийским шельфом и СЛО.
6. Разработка и оценка наиболее информативных индикаторов данных притока пресной воды (напр. Si, REE,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ , и биомаркеры), растворенных и нерастворенных веществ в северные моря. Геохимические показатели необходимы также для отслеживания основных источников пресной воды из Оби, Енисея, Лены и других систем рек.
7. Получение кернов донных отложений в эстуариях и на шельфе для оценки изменений потоков осадков, стоков рек и растворенных веществ, ледяного покрова и уровня моря в прошлом. Использование биологических и геохимических показателей для определения количественных и качественных изменений в структуре водных масс и циркуляции.
8. Определение связи в процессах переносов и первичной продукции в системе водосбор/шельф. Оценка влияния изменения продуктивности на трофическую структуру и биологическое разнообразие в Арктике.
9. Оценка пространственной и временной изменчивости биологической продуктивности в природной среде эстуария, дельты и шельфа. Основное внимание в исследовании должно уделяться естественному состоянию продуктивности и потенциальной ее связи с загрязнением окружающей среды (напр., концентрацией питательных веществ, тяжелыми металлами и хлорорганическими веществами) и климатическими изменениями.





## Элемент 2: Реакция ледников, морского льда и вечной мерзлоты на глобальное изменение в десятилетнем, столетнем и тысячелетнем временных масштабах

### Изменение климата

Палеоклиматические данные, полученные при исследовании ледникового щита Гренландии, и широко известные быстрые флуктуации в северной части Атлантического океана и атмосфере за период существования человеческой цивилизации, подчеркивают чувствительность климатической системы в пределах исторического периода (Taylor et al., 1993). Необходимо определить климатические граничные условия на всем протяжении Голоцена (10.000 лет назад), последнего отступления ледников (20.000 лет назад) и последнего межледникового периода (150.000 лет назад) для лучшего понимания отклика климатической системы на быстрое изменение факторов. Остаются открытыми вопросы, касающиеся причин и процесса распространения на Арктику экстремальной климатической изменчивости, отмеченной в Гренландии (GRIP, 1993; Taylor et al., 1993) и Северной Атлантике (Lehman and Keigwin, 1992) за прошедшие 20000 лет. Для более глубокого понимания пространственной и временной изменчивости Изменения Климата необходимо располагать новыми данными о природной среде шельфа и суши от десятилетнего до тысячелетнего временного масштаба.

### Основные цели

- Определить как динамика морского льда, ледников и вечной мерзлоты реагирует и воздействует на изменение климата в различных временных масштабах, и на основании подтвержденных данных об этих процессах разработать более совершенные модели предсказания этих изменений в будущем.
- Более точно определить размеры, толщину и время образования ледниковых щитов в прошлом и соответствующих колебаний уровня моря с последующей разработкой гляциологических моделей для понимания внутренней динамики и чувствительности климата.
- Документально обосновать интерактивный отклик речных, шельфовых и океанских систем на оледенение, колебания уровня моря, а также на резкое изменение климата 20 000 лет назад, и определить четкие граничные условия для моделей климата.
- Документально обосновать реакцию системы суша/океан и экстремальные климатические явления в период Голоцена.

Чувствительность системы Земли к климатическим изменениям не может быть в полной мере оценена без более глубокого изучения распространения морского льда Арктики и льда на суше в прошлом. Изменения морского льда и ледникового покрова в Арктике могут явиться результатом фундаментальных изменений климатической системы при увеличении суммарного альбеда и чередующихся планетарных волновых явлений (Kutzbach et al., 1994; Ruddiman and Kutzbach, 1989). Вынос морского льда, талых вод и айсбергов из Арктики может привести к необратимым изменениям интенсивности обновления океанских глубинных вод, принимая во внимание изменение суммарного теплового баланса океана, поглощение  $\text{CO}_2$  и баланс питательных веществ (Charles and Fairbanks 1992; Veum et al., 1992). Наше понимание климатической взаимосвязи криосферы, атмосферы и океанов осложняется недостатком информации и данных о распределении ледниковых щитов в прошлом, морского льда и вечной мерзлоты в Арктике.

Большие амплитудные изменения в арктическом климате являются характерными для периода оледенения и межледникового периода (Taylor et al., 1993). В течение межледникового периода (Голоцена и последнего межледникового периода) можно было бы наблюдать крайне резкое изменение климата, в частности, в северной части Евразии.

Например, повышение температуры океанских вод в Голоцене, ведущее к уменьшению площади морского ледяного покрова, способствует миграции представителей флоры и фауны Атлантического и Тихого океанов в арктические шельфовые моря (Salvigsen et al., 1993; Polyak, pers. Comm., 1995). В шельфах, на суше и в озерах, в северной части Евразии наблюдается огромное разнообразие донных отложений, которые являются новыми данными о том, как Арктика реагировала на экстремальные климатические явления в межледниковые периоды.



### Оледенение Евразийского шельфа

При оценке изменений объема льда в позднем Четвертичном периоде наибольшую неопределенность вносят характеристики ледниковых щитов над обширным пространством шельфов, ограничивающих Северную Евразию (площадь поверхности и размер по вертикали). Реконструкции ледниковых щитов в период максимального оледенения (Grosswald, 1993; Peltier, 1996) меняются от почти полного покрытия Северной Евразии непрерывным, залегающим на шельфе ледником, до отдельных ледниковых щитов или куполов с центрами на арктических архипелагах и распространяющихся на прилегающий шельф (напр. Величко и Нечаев, 1984; Siegert and Dowdeswell, 1995). Несоответствие между реконструкциями достигает объемов двух ледниковых щитов Гренландии.

Аналогично неизвестно блокировали ли эти ледниковые щиты главные реки, такие как Обь и Енисей, образуя субконтинентальные обширные перигляциальные системы озер, имевших сток в Средиземное море (Архипов, 1995; Tveranger et al., 1995). Эти озера могли быть источником атмосферной влаги

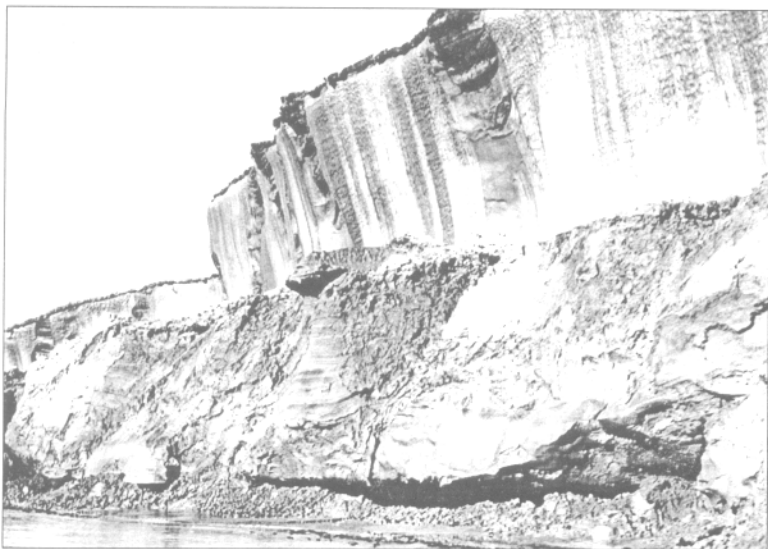
для самого ледникового щита. При достижении 100 метровой глубины в перигляциальных озерных бассейнах могут образовываться айсберги. Значительный объем вод на границе ледникового щита, может существенно влиять на состояние ледника и привести к возникновению мега-потоков (Rudoy and Baker, 1993), обширного деформационного потока (Boulton, 1996) или серджем.

Запруживание Евразийских рек ледниковыми щитами эпохи Плейстоцена могло изменять гидрологический цикл полушарий, т.к. пресноводные потоки вместо СЛО меняли свое направление в Средиземное море посредством катастрофического стока через Евразию (Rudoy and Baker, 1993). Важным смыслом этого несоответствия является то, что использование параметров высоты и протяженности ледниковых щитов, гидрологических параметров поверхности в последнем поколении моделей общей циркуляции могут быть неверными и давать нереальную палеоклиматическую оценку.

Распространение ледников и морского льда оказали существенное влияние на адаптацию человека в Арктических регионах. Рост ледниковых щитов, с одной стороны, блокировал, а, с другой стороны, через понижение уровня моря, способствовал перемещению человека и биоты через Арктику в более низкие широты. Распространение и сезонность морского ледового покрова дает возможность оценить передвижение морских млекопитающих и развитие местного рыболовства как критических ресурсов для выживания человека.

Одинаково нерешенными аспектами являются климатические условия, при которых происходит нарастание и разрушение ледниковых щитов и ледников северной части Евразии. Важным наблюдением является явное различие в степени и размерах оледенения в позднем Валдае (Вюрме) и более раннем оледенении Евразии. Большие ледниковые щиты, залегающие на шельфе, могли бы быть ограничены Баренцевым и Карским морями. По сравнению с этим, процесс образования ледников в восточной Арктике был более ограниченным и характеризовался распространением ледниковых куполов и долинных ледников, при этом, обширные шельфовые области Восточно-Сибирского, Чукотского морей и моря Лаптевых оставались свободными от действия ледников.

Знание временных и объемных изменений ледниковых щитов над континентальными шельфами России в период между 15 000 и 10 000 лет до нашей эры являются недостаточными для понимания связи между эпизодическими увеличениями глобального уровня моря и разрушениями ледников Северной Евразии. Сток с Лаврентийского и Фенноскандинавского ледниковых щитов оказывал частичное влияние на эпизодический процесс (Broecker et al., 1992). Морские окраины ледниковых щитов, по крайней мере, в Баренцевом море, особенно подвержены влиянию увеличения уровня моря. При этом они обламываются по желобам и впадинам при глубине более 500 метров и затем попадают в СЛО. Соотношение между ледниковой изостазией и глобальной эвстазией в Голоцене для многих континентальных шельфов северной части Евразии (Forman, et.al., 1995) изучено недостаточно. Эти знания необходимы для оценки современных пространственных и временных изменений береговой эрозии и устойчивости подводной вечной мерзлоты.



Клифы высотой 5-7 м, выработанные в ледовом комплексе о-в Большой Ляховский, море Лаптевых, Россия (фото М. Григорьева)

## Динамика вечной мерзлоты

В результате бурения на равнинах Восточной Сибири обнаруживается вечная мерзлота, распространяющаяся до глубины более 500 метров. Температурные кривые вечномерзлых грунтов показывают интегральную историю изменения температуры в десятилетних и тысячелетних временных масштабах (Lachenbruch and Marshall, 1986; Osterkamp et al., 1994; Osterkamp and Romanovski, 1996). Области с высоким геотермальным потоком тепла, которые связываются с тектоникой окраин плит земной коры или зонами недавних разломов земной коры вдоль побережья моря Лаптевых, сильно влияют на уменьшение толщины вечномерзлых пород и нестабильность природных

условий при последующих изменениях (Имаев, 1994).

Массивы грунтового льда различного происхождения (сегрегационного, инъекционного или ледникового), включенные в морские и ледниковые отложения, характерны для Западной Сибири, в то время как сингенетические жильные льды более характерны для районов к востоку от Таймырского полуострова. Формация ледового комплекса отложений в Восточной Евразии достигает толщины 50-60 м. Этот насыщенный льдом (до 80-90%) пласт содержит органические, речные, озерные и эоловые отложения, образованные в период между > 100.000 лет назад и 10.000 лет назад (Попов, 1983; Конищев, 1983; Каплина и Ложкин, 1985). Физическая структура мерзлых отложений (размеры кристаллов и структура), химический состав льда (оксидные и водородные изотопы), а также превосходно сохранившиеся представители флоры и фауны (Шер, 1997), жизнеспособные микроорганизмы (Гиличинский, 1995) позволяют получить ценные данные о природной среде прошлого.

Подводная вечная мерзлота широко распространена в море Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях, распространяясь до глубины 130 м. Возможно она образовалась при эвстатическом понижении уровня моря за прошедшие 150.000 лет (Баранов, 1960, 1965; Фартышев, 1983; Соловьев и Гинзбург, 1989). Обширные шельфовые области за пределами ледниковых щитов были субаэральными областями осадконакопления во время последнего оледенения и в Голоцене. Открытость шельфа во время последнего цикла оледенения способствовала продвижению вечной мерзлоты и накоплению осадков Едомы - сингенетических эоловых и коллювиальных отложений. На образованном шельфе располагались безлесные пространства арктических лугов, на которых паслись стада мамонтов и других млекопитающих, живших в этих холодных климатических условиях (Верещагин и Барышников, 1982; Шер, 1997).

Вечная мерзлота иногда обнаруживается на дне Баренцева и Карского морей, часто в виде массивных ледяных структур (Мельников и Спесивцев, 1995).

Эта удаленная от берега вечная мерзлота подвергалась поверхностным внешним воздействиям при обнажении во время эвстатического понижения уровня моря или замерзании и дислокациях под ледниковым щитом (Романовский, 1993; Астахов, 1996). Обнажения побережья Карского моря вскрывают грунтовый лед различного происхождения, включая глубинный лед с крупно-масштабными деформированными структурами, который является реликтом глетчерного льда. По этим ледяным структурам можно судить о том, как перемещался ледниковый щит за прошедшие 100.000 лет (Астахов и Исаева, 1988; Астахов, 1996).

Мелководный континентальный шельф северной Евразии образовался при повышении послеледникового уровня моря приблизительно на 120 метров после 15.000 лет назад. Максимальное отступление берега возможно возникло в промежутке между 12.000 и 7.000 лет тому назад, когда общий уровень моря поднялся приблизительно на 75 метров (Fairbanks, 1989). Вследствие быстрого повышения уровня моря и относительно низкой температуры поверхности моря обширные области подводной вечной мерзлоты сохранялись на шельфе северной части Евразии при нарушении термического равновесия верхних слоев вод (Неизвестнов и Семенов, 1973). Внизу вечной мерзлоты (удаленной от берега и береговой) находятся месторождения газогидратов, окруженные с боков сплошными слоями вечной мерзлоты (Kvenvolden, 1988; Соловьев и Гинзбург, 1989). Таяние подводной вечной мерзлоты повлечет за собой образование боковой неоднородности структур в слоях вечной мерзлоты (открытые участки оттаявшего грунта на площади вечной мерзлоты) и даст возможность парниковым газам поступать в атмосферу, при условии, если они не будут поглощаться бактериями (Соловьев и Гинзбург, 1989; Ostercamp and Fei, 1993). На суше появление озер с тальми водами и общее разрушение вечной мерзлоты могут привести также к появлению открытых участков оттаявшего грунта и к увеличению эмиссии парниковых газов.

Разрушение вечной мерзлоты, на что указывает развитие процессов термокарста, приходится на период от позднего Плейстоцена до раннего Голоцена. Оно обусловлено воздействием обильных летних осадков и /или повышенной температурой воздуха. Распространение термокарста в раннем Голоцене привело к образованию озер с тальми водами, аласов, а также к распространению торфяных болот. Эти изменения в динамике вечной мерз-



*Деградация вечной мерзлоты (термокарст) на п-ве Быковском, море Лаптевых, Россия (фото М. Григорьева)*

### Научные приоритеты

1. Накопление доказательств для оценки пространственной и временной изменчивости ледникового щита и ледникового покрытия над Карским, Восточно-Сибирским морем и морем Лаптевых и прилегающих областей суши путем проведения морских исследований и геологических исследований суши. Объединение в единое целое данных по новым реконструкциям ледникового щита с глобальными моделями ледникового щита и климата для оценки обратных связей.

2. Определение изменений в шельфовой геометрии, годографа речного стока, а также береговой циркуляции и эрозии. Данные необходимы для определения пространственных и временных пределов ледниково-изостатического равновесия и эвстатических колебаний уровня моря для равнин, островов и шельфовых морей.

3. Изучение во многих точках на Евразийском Севере отложений межледникового периода для получения данных о синхронности величине реакции природной среды. Для применения геохронологических методов ( $^{14}\text{C}$ , аминокислотная рацемизация, метод электронно-спинового резонанса и люминесцентного определения возраста пород и другие изотоповые методы) требуется уточнение возраста биологических и геохимических отложений для определения природно-межледниковых условий.

4. Для определения причины резких климатических перемен в северной части Евразии, требуется изучение донных осадков за промежуток времени, охватывающий последние 20 000 лет. Важной задачей является корректировка данных отложений шельфовых бассейнов, впадин или озер от годового до тысячелетнего временного масштаба, которые позволяют судить о изменениях климата, ледников, вечной мерзлоте и морского ледяного покрова. Использование метода радиоуглеродного датирования (AMS) позволяет ограничить временные серии климатических данных.

5. Определение изменений распределения вечной мерзлоты на суше и в море, таликов и концентрация газогидратов для суши и шельфа в прошлом и настоящем. Измерение потока  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  с шельфовых, озерных и тундровых областей, а также разработка гидрологических и вегетативных моделей для последующей оценки пространственных и временных изменений в балансе трассерного газа. Оценка вклада Арктики в продукцию парниковых газов, поступление которых является следствием разрушения вечной мерзлоты в прошлом, настоящем и будущем.

6. Изучение изменений и оценка влияния разрушения вечной мерзлоты и изменений деятельного слоя на состав растительности, сток, перенос отложений на шельф и береговую эрозию.

7. Оценка широкомасштабных геотермических изменений, контролирующих распространение вечной мерзлоты, ее типа и толщины. Определение связи состояния вечной мерзлоты с подстилающими тектоническими элементами и определение областей, которые в большей степени реагируют на изменения в будущем из-за усиленного геотермического потока.

лоты и быстрое расширение шельфовых морей совпадают с основными изменениями природной среды северной Евразии. При этом, степь переходила в тундру, млекопитающие вымирали, и граница леса мигрировала на север (Величко и Нечаев, 1984; Шер, 1997; McDonald et al., in review). Масштабные ландшафтные изменения вечной мерзлоты могли бы повлечь за собой увеличение подповерхностных и поверхностных водных потоков, которые вызывали бы эрозию мерзлых отложений. Повышение уровня моря могло бы привести к такой же реакции в береговых областях. Поток пресных вод к шельфу мог бы быть увеличен при разрушении вечной мерзлоты, повышая потенциальную возможность образования морского льда. Современное моделирование показывает, что реакция ландшафта на будущее потепление и повышение уровня моря может быть похожей на реакцию при распространении вечной мерзлоты в раннем Голоцене (Анисимов и Нельсон, 1996).



## Элемент 3: Воздействие Глобального Изменения на человека, адаптация культуры, и реакция на изменение природной среды Евразийской Арктики за прошедшие 20.000 лет

### Адаптивные реакции на Глобальное Изменение

Изучение человеческой цивилизации в прошлом и настоящем дает возможность сбора обширного материала, объединяющего природные, физические и биологические составляющие арктической системы через анализ данных о состоянии природной среды, моделей поселений и современной адаптации. Голарктическое распространение исторических и доисторических архивных данных дает большую возможность оценить взаимосвязи между человеком и природной средой. Арктические системы могут быть изучены путем накопления и сбора данных о взаимосвязи между человеком и природной средой во временных масштабах от настоящего времени до периода после 50.000 лет назад. Модель адаптации человека может быть оценена на различных масштабах: от отдельных долин до объединенных водосборов.

С помощью палеоэкологических и археологических данных о доисторических поселениях можно судить о том, как человек адаптируется к изменениям в арктических экосистемах при Глобальном Изменении. В качестве подходящего примера можно привести то, что только в Арктике можно найти стоянки охотников, сохранившиеся до настоящего времени; и только здесь можно найти представителей фауны, замороженных в лед (например, мамонты на острове Врангеля), (Вартанян, 1994) существовавших дольше, чем где-либо на Земле. Исследование останков птиц, рыб, млекопитающих на археологических стоянках и дополнительная информация о пыльце, древесных останках, ископаемых растениях и ландшафте (террасы, палеобереговые линии и т.д.), позволяет получить дополнительные ряды данных для подробной реконструкции экосистем в прошлом, важных граничных условий для следующего поколения климатических

#### Основные цели

- Определить, какие изменения природной среды и/или адаптация культуры вызвали миграцию человека через северную Евразию по направлению к Американскому континенту.
- Оценить, как местное население изменялось и адаптировалось к источникам своего существования (например, рыболовство) при изменении климата за прошедшие 20.000 лет.
- Оценить степень адаптации населения в Арктике к Глобальному Изменению, и путем моделирования оценить взаимосвязь Арктической и Земной систем.

моделей (Foley et al., 1994). Эти объединенные ряды данных необходимы для оценки влияния изменения климата и природной среды на "человеческие" и "нечеловеческие" системы. Требуется как можно быстрее получить новые палеоэкологические и археологические данные из-за быстрого развития береговой и речной эрозии, современного развития и исчезновения местных традиций. В заключение можно сказать, что такие исследования являются весьма актуальными для жизни местного населения Арктики в настоящем и будущем.

Глубокое понимание изменения природной среды и культуры в северной части Евразии является основным для оценки адаптации человека в прошлом и настоящем, а также особенностей народонаселения Арктики и более низких широтах. Существует богатая история заселения человеком Евразийской Арктики, охватывающая большую часть позднего Четвертичного Периода. Водосборы и континентальные шельфовые моря северной Евразии обладают разнообразными природными ресурсами, обеспечивая средства к существованию населения как в прошлом, так и будущем. Изменения природной среды и климата, частично происшедшие за последние 20 000 лет, существенно повлияли на деятельность человека, на животных и популяции растений, населяющих северную часть Евразии. Данный регион был почти полностью свободен ото льда в позднем Четвертичном периоде и был зоной, где сохранились реликтовые формы биоты ледниковой эпохи Голоцена, и это способствовало миграции человека на Американский континент.

Были выявлены новые адаптации культуры в течение последнего периода резких изменений природной среды и климата в переходном периоде от Плейстоцена до Голоцена примерно от 14 000 до 8 000 лет до нашей эры. Использование ресурсов менялось от преобладающей на данной территории охоты на млекопитающих до более интенсивного использования морских и речных запасов. Отступление морских льдов в раннем Голоцене дало возможность человеку заселить арктические острова в высоких широтах, такие как остров Жохова (77° с.ш.) в пределах постоянного пакового льда (Макеев, 1993). Образование областей, свободных ото льда, обусловило появление новых способов охоты на морских млекопитающих, что способствовало усилению перемещения палеопопуляций. Распространение семейств сиговых и лососевых в арктических морях при повышенном стоке речных вод и обширных областях открытой воды в раннем Голоцене обусловило появление новых источников пищи для палеопопуляций. Соответствующее похолодание в позднем Голоцене, после 5000 года до нашей эры, могло бы привести к сокращению морских и речных запасов пищи, что потенциально привело к миграции палеопопуляций из Арктики. Адаптации культуры в течение последних нескольких тысячелетий, такие как разведение северных оленей и китобойный промысел, создали условия для выживания человека в Арктике.

### Северная Евразия:

#### Путь распространения человеческой цивилизации

Берингов пролив определяется как основной путь для миграции человека и других представителей биоты, особенно, в период стояния низкого глобального уровня моря (Hopkins, 1967, Hopkins et al., 1982). Существенное изменение культуры наблюдается сначала на севере Евразии и далее распространяется к Север-



ной Америке. Спорные вопросы, касающиеся периода и пути миграции человека в сторону Американского континента, сопутствующих природных и климатических условий, а также технологических средств передвижения, невозможно решить без более глубокого знания традиций Евразийской арктической культуры. Таким образом, глубокие знания о состоянии природной среды в доисторические времена и населении северной Евразии имеют весьма важное значение для расшифровки причин изменения климата и/или культуры, путей и периода миграции человека через Берингию к Северной Америке.

Арктические острова высоких широт и береговые равнины моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря сохранили уникальные данные для изучения раннего заселения человеком. Изучение адаптации культуры за прошедшие 20 000 лет дает потенциальную возможность получить данные о взаимодействии человека и природной среды северной части Евразии и о более раннем проникновении человека на Северо-Американский континент. В районах археологических стоянок, охватывающих промежуток времени от Плейстоцена до Голоцена, ценная информация о культуре может быть получена путем проведения ограниченных раскопок и дополнительного радиоуглеродного контроля. В отличие от Берингии, имеются данные, свидетельствующие о существовании в Российской Арктике стоянок более 20 000 лет назад. Наличие этих стоянок предполагает существование важной гипотезы об адаптации людей и биоты в период глобального оледенения и более ранним "теплым" периодам. Археологическая стоянка Диринг на реке Лена (62°с.ш.) является особенно важным объектом для изучения, т.к. по ней можно судить о палеолитической миграции человека и адаптации в субарктической природной среде (Waters et al., 1997).



Распределение позже палеолитических стоянок

### Сохранение знаний о природной среде и образ жизни местных народов

Местное население северной части России сохраняет значительные знания о различных явлениях в Арктике, таких как экстремальные погодные явления, морской лед и вечная мерзлота, степень береговой и речной эрозии, распространение растений и дичи, циклы миграции рыб и морских млекопитающих. Знание местных народов Северной Америки о природной среде нашло отражение в различных информационных программах. Подобное признание и научное сотрудничество необходимо и для русских народов Севера. Весьма вероятно, что неоценимые традиции жизненного уклада и знания о природной среде Арктики могут быть утрачены благодаря общей культурной ассимиляции, с уходом старшего поколения, утерей языков местных народностей и образа жизни младших поколений. Требуются специальные усилия для сохранения знаний о природной среде и коренной культуре, а также для объединения этих данных в научных оценках.

Информация о традиционных народных промыслах свидетельствует

## Научные приоритеты

1. Провести новые исследования для определения распределения, истории и палеоэкологических связей раннего заселения человеком берегов моря Лаптевых, Восточно-Сибирского моря и арктических островов в высоких широтах. Провести сравнительные региональные исследования (Река Лена, Индигирка) "ключевых зон" как отправных точек для входа Азии в Новый Мир.

2. Расширить базу данных по радиоуглероду и палеоэкологии для получения непрерывных данных о поселениях человека в восточной части Российской Арктики.

3. Получить и документировать историческую информацию о России и архивные источники об изменении природной среды и человеческой цивилизации и разработать базу данных с доступом через Internet. Эта задача должна подразумевать сбор и сохранение традиционных знаний о природной среде.

4. Объединить историческую и археологическую информацию путем создания моделей ландшафта и экосистемы для изучения реакции человека и его культуры на изменение природной среды и ресурсов в период между Плейстоценом и Голоценом. Изучить процессы культуры и стратегии для определения реакции на изменение климата и природной среды в будущем.

об изменении культуры Арктики в прошлом и будущем. Подходящим примером является разведение северных оленей в течение, по крайней мере, последнего тысячелетия в северной части Евразии и возможность возрождения образа жизни в условиях последних политических изменений в России (Krupnik, 1993). Помимо необходимой этнографической информации, сохранение и продолжение жизни местных народов в Русской Арктике имеет внутреннюю ценность. Многие местные народы пережили период централизованного правления правительства бывшего Советского Союза, но их традиционный образ жизни находится под угрозой современных экономических условий и загрязнения окружающей среды. Отсюда следует, что информация о традиционной реакции на изменения природной среды и культуры в прошлом могла бы быть положена в основу сохранения и восстановления образа жизни местных народов северной Евразии.

---

## Структура

### Инициатива RAISE и другие научные программы

Инициатива RAISE удачно дополняет комплекс национальных и международных программ, связанных с исследованиями природной среды Арктики, таких как национальные: Российская федеральная целевая программа "Мировой океан" (подпрограмма "Исследования природы Мирового океана", проект "Комплексные исследования и мониторинг арктических морей России") и программы США ARCSS - "Научные исследования Арктической климатической системы" (проекты Взаимодействие в системах Суша/Океан (OII) и Океан/Атмосфера (OAI)) и целый ряд международных проектов и программ.

Отметим только те международные инициативы, задачи которых предполагают проведение научных исследований в Евразийской Арктике. Международный Арктический Научный Комитет (IASC) поддерживает развиваемый в рамках Программы по Геосфере и Биосфере (IGBP) проекта по Взаимодействию в системе Суша/Океан в Российской Арктике (LOIRA). Другая составляющая проекта IGBP - это Глобальное Изменение и Экосистемы Суши (GCTE), в которой особое внимание уделяется биогеохимическому циклу в Северной Евразии. В поддерживаемой совместно IGBP и PAGES (Глобальные Изменения в прошлом) программе "Палеоклиматическая программа циркум-арктических ледовых кернов (ICAPP) значительное внимание уделено исследованиям на арктических архипелагах Евразии. Научный Совет по изучению СЛО (AOSB) санкционировал проведение рабочих совещаний по подготовке проекта "Арктический Палео-Речной Сток" (APARD). Другие международные инициативы в рамках Всемирной программы исследований климата (WCRP) признают всю важность проведения экспериментальных исследований на водосборах рек Макензи и Лена в рамках "эксперимента по глобальному циклу воды и энергии" (GEWEX). Европейское сообщество реализует программу QUEEN (Природная среда Четвертичного периода Европейского

Севера), которая нацелена на исследование Российской Арктики. IGBP-PAGES признает необходимость объединения палеоклиматических данных Арктики по исследованию климата путем создания CAPE (Приполярная Палеосреда).

Таким образом, научные задачи RAISE отлично согласуются и дополняют цели выполняемых и планируемых национальных и международных проектов. Это позволяет координировать и интегрировать результаты исследований, создавать совместные базы данных, проводить совместные обсуждения и публикацию результатов.

---

## Список литературы

- Aagaard, K., and Carmack, E.C., 1994, The Arctic Ocean and Climate: A perspective: in Johannessen, O.M., Muench, R.D. and Overland, J.E, eds., *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment*, American Geophysical Union, Geophysical Mongraph 85, Washington, D.C., p. 5-20.
- Aagaard, K., and Carmack, E.C., 1989, The role of sea ice and other fresh water in the Arctic circulation: *Journal of Geophysical Research* v. 94, p. 14,485-14,498.
- Aagaard, K., Coachman, L.K. And Carmack, E.C., 1981, On the halocline of the Arctic Ocean: *Deep Sea Research* v. 28, p. 529-545.
- Aagaard, K., Swift, J.H., and Carmack, E.C., 1985, Thermohaline circulation in the Arctic Mediterranean seas: *Journal of Geophysical Research* v. 90, p. 4,833-4,846.
- Aagaard, K., Foldvik, A., and Hilman, S.R., 1987, The West Spitzbergen Current: Disposition and water mass transformation: *Journal of Geophysical Research* v.92, p. 3,778-3,784.
- Aagaard, K., Farbach, E., Meincke, J., and Swift, J.H., 1991, Saline outflow from the Arctic Ocean: Its contribution to the deep waters of the Greenland, Norwegian, and Iceland seas :*Journal of Geophysical Research*, v. 96, p. 20,433-20,441.
- Анисимов, О.А., Nelson F.E., 1996, Распространение вечной мерзлоты в Северном Полушарии при воздействии изменения климата: *Глобальное и планетарное Изменение* 14, с. 59-72.

- Антонов В.С., Морозова В.Ю., 1957, Общий приток речных вод в Арктические моря: *Труды ААНИИ*, т. 208, с. 13-52
- Аре Ф.Э., 1988, Термическая абразия морских побережий: *Полярная География и Геология*, т. 12, с. 1-86.
- Arkhipov S.A., S.A., Ehlers, J., Johnson, R.G., and Wright, H.E., 1995, Glacial drainage towards the Mediterranean during the Middle and Late Pleistocene *Boreas*, v. 24, p.196-206.
- Астахов В.И., Л.Л. Исаева, 1988, "Ледяная Гора": Пример "замедленного" отступления ледников в Сибири: *Quaternary Science Reviews* v. 7, с. 29-40.
- Астахов В.И., Ф.А. Каплянская, В.Д. Тарноградский, 1996. Вечная мерзлота Плейстоцена в восточной части Сибири как неустойчивый ледниковый пласт: *Вечная мерзлота и перигляциальные процессы*, т. 7, стр. 165-191.
- Баранов И.Я., 1960, Геокриологическая карта СССР, масштаб 1:10.000.000 (пояснительный отчет). Изд-во Знание, Москва, стр. 48. (на русском языке).
- Баранов И.Я. 1965. Концепции геокриологического районирования. Изд-во Наука, Москва, стр. 150. (на русском языке).
- Boulton, G.S., 1996. Theory of glacial erosion, transport and deposition as a consequence of subglacial sediment deformation. *Journal of Glaciology* v. 42. p. 43-62.
- Broecker, W., Bond. G., Kias, M., Clark, E. and McManus. J. 1992. Origin of the northern Atlantic Heinrich events: *Climate Dynamics* v. 6. p. 265-273.
- Bryan. F, 1986, High latitude salinity effects and interhemispheric thermohaline circulation: *Nature* v. 323. p. 301-304.
- Banisch, G. and Schlosser, P., 1995, Deep water formation and exchange in the Greenland-Norwegian seas and the Eurasian Basin of the Arctic ocean derived from box models calibrated by transient and steady-state tracer. *Progress in Oceanography* v. 35, p. 29-52.
- Carmack, E.G., 1990, Large Scale Physical Oceanography of Polar Seas: Smith, W.O., ed., *Polar Oceanography (A)*. Academic Press, New York, p. 171-222.
- Charles, C.D., and Fairbanks, R.G., 1992, Evidence from southern ocean sediments for the effect of North Atlantic deep water flux on climate: *Nature* v. 355, p. 416-419.
- Codispoti, L.A., Friederich, G.E., Sakamoto, C.M., and Gordon, L.I., 1991, Nutrient cycling and primary production in the marine system of the Arctic and Antarctic: *Journal of Marine Systems* v. 2, p. 359-384.

- Conway T.Y., Tans P.P., Waterman L.S., Thoning K.W., Kitzis D.R., Masarie K.A., and Zang, N., 1994, Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the N'OAA/CMDL global air sampling network: *Journal of Geophysical Research* v. 99(D11). p. 22,831-22,855.
- Dickson, R.R., Meincke, R.J., Malmberg. S.-A., and Lee, A.J., 1988, The "Great Salinity Anomaly" in the northern North Atlantic. *Progress in Oceanography* v. 20, p. 103-151.
- Fairbanks, R.G., 1989, A 17,000 year glacio-eustatic sea-level record: influence of glacial melting on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation: *Nature* v. 342, p. 637-642.
- Фартышев А.И., 1993. Свойства прибрежной вечной мерзлоты в море Лаптевых. Новосибирск, изд-во Наука, стр.136 (на русском языке)
- Foley, J.A., Kutzbach, J.E., Coe, M.T, and Levis, S., 1994, Feedbacks between climate and boreal forests during the Holocene epoch, *Nature*, v. 371, p. 52-54.
- Форман С.Л., Любинский Д., Miller, G.H., Snyder, J., Матишов Г., Корсун С. & Мыслевец В, 1995, Послеледниковое нарастание и распространение множества ледниковых щитов в позднем Валдае в северных районах Баренцева и Карского морей, Россия: *Геология*, т. 23, стр . 113-116.
- Гиличинский Д.А., Wagener, S., & Вишневецкая Т.А., 1995, Микробиология вечной мерзлоты. *Вечная мерзлота и перигляциальные процессы*, т.6, стр. 281-291.
- Гордеев В.В., Martin, J.M., Сидоров И.В. & Сидорова М.В., 1996, Переоценка приток вод, осадков, основных элементов и питательных веществ Евразийских рек в СЛО: *Американский Научный Журнал* 296 (6), стр. 664-691.
- Grebmeier, J., Smith, W.O., and Conover. R.J., 1995, Biologic processes onarctic continental shelves: ice-ocean-biotic interactions in Smith, W.O, and Grebmeier, J.M., eds., *Arctic Oceanography Marginal Ice Zones and Continental Shelves*. American Geophysical Union, Washington, D.C. p. 231-261.
- Григорьев Н.Ф., 1987, Криолитозон в западной области побережья п-ва Ямал. Изд-во Института вечной мерзлоты, Якутск, стр.112 (на русском языке).
- ГРИП, 1993, Неустойчивость климата в течение последнего межледникового периода по данным ледникового керна ГРИП: Наука, т. 364, стр. 203-207.
- Grosswald, M.G., 1993, Extent and melting history of the Late Weichselian ice sheet, the Barents-Kara continental margin. in Peltier, W.R., ed., *Ice in the Climate System*, Springer-Verlag, New York, p. 1-20.

- Hopkins, D.M., 1967, *The Bering Land Bridge* Stanford University Press, California. 495 pp.
- Hopkins, D.M., Matthews, J.V. Jr., Schweger, C.E., Young, S.B., 1982, *Paleoecology of Beringia*: Academic Press, New York, 489 pp.
- Имаев В.С., Fujita К., Козьмин В.М., 1994, Сейсмичность Американско-азиатского Арктического шельфа и ее взаимосвязь с тектоническими свойствами. Материалы международной конференции 1992 по окраинам Арктики. Анкоридж, АК, стр. 307-3122.
- Jones, G.A., 1994a, An abiotic central Arctic Ocean during the last glacial maximum: Evidence for an Arctic ice shelf: *EOS Transactions* 75, p. 226.
- Jones, G.A., 1994b, Holocene climate and deep ocean circulation changes: evidence from accelerator mass spectrometer radiocarbon dated Argentina Basin (SW Atlantic) mudwaves: *Paleoceanography* v. 9, p. 1001-1016.
- Каплина Т.Н., Ложкин А.В., 1985, Период и история существования "Ледяного комплекса" Приморской низменности Якутии. в Величко А.А., *Природная среда позднего четвертичного периода в Советском Союзе*. Пресса шт. Миннесота, Миннеаполис, стр. 147-151.
- Кейгвин Л.Д., Горбаренко С., 1991. Уровень моря, поверхность, соленость Японского моря и Younger Dryas и в северо-западной части Тихого Океана. *Исследование Четвертичного периода* т. 37, стр. 346-360.
- Конищев В.Н., 1983, Криолитологические признаки неоднородного состава "ледяного комплекса" в зоне выхода пластов на Дуванном Яре: Проблемы Криолитологии, т. 11., стр. 56-64 (на русском языке)
- Krebs, J., and Barry, R., 1970, The arctic front and the tundra-taiga boundary in Eurasia: *Geographical Review* v. 60, p. 548-554.
- Krupnik, I., 1993. Arctic Adaptions, *Native Whalers and Reindeer Herders of Northern Eurasia*: Dartmouth College/University of New England Press. Hanover, New Hampshire, 355 pp.
- Кочетов С.В., Кулаков И.Ю., Куражов В.К., Тимохов Л.А., Ванда Ю.А., 1994. Гидрометеорологический режим моря Лаптевых. Федеральная Служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. ААНИИ, Санкт-Петербург, стр. 85
- Kutzbach, J.E., Guetter, P.J., Behling, P.J., and Selin, R., 1994, Simulated climatic changes: results of the COHMAP climate-model experimenti-so VVright, H.E., Jr.,



- Kutzbach, J.E., Webb, T.I., Ruddiman, W.T., Street-Perrott, F.A., and Bartlein, P.J., eds., *Global Climates since the Last Glacial Maximum*, University of Minnesota Press, Minneapolis, p. 24-93.
- Kvenvolden, K.A., 1988, Methane hydrates—a major reservoir of carbon in the shallow geosphere: *Chemical Geology*, 71, p. 41-51.
- Lachenbruch, A.H., and Marshall, B.V., 1986, Changing climate: geothermal evidence from permafrost in the Alaskan Arctic Science, v. 234, p. 689-696.
- Lambeck, K., 1995, Constraints, on the Late Weichselian ice sheet over the Barents Sea from observations of raised shorelines: *Quaternary Science Reviews* v. 14(1), p. 1-16.
- Lehman, S. J., and Keigwin, L. D., 1992, Sudden changes in North Atlantic circulation during the last deglaciation: *Nature*, 356, p. 757-762.
- Loeng, H., 1991, Features of the physical oceanographic conditions of the Barents Sea: *Polar Research* v. 10, p. 5-18.
- Pavlov, V., and Pfirman, S.L., 1995, Hydrographic structure and variability of the Kara Sea: implications for pollutant distribution. *Deep-sea Research*, 42(6), 1369-1390.
- Peltier, W.R., 1996, Mantle Viscosity and Ice-Age Ice Sheet Topography. *Science* v. 273, p. 1359-1364.
- Peltier, W.R., and Tushingham, A.M., 1989, Global sea level rise and the greenhouse effect: might they be connected: *Nature* v. 244, p. 806-810.
- Pfirman, S.L., Wollenburg, I., Thiede, J., and Lange, M.A., 1989, Lithogenic sediment on Arctic pack ice: potential aeolian flux and contribution to deep sea sediments: in: Leinen, M., and Sarinthein, M., ed. *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport*, NATO ASI Series C, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p. 463-493,
- Pfirman, S.L., Kogeler, J., and Anseime, B., 1995, Coastal environments of the western Kara and eastern Barents seas: *Deep-Sea Research* v. 42(6), p. 1391-1410.
- Попов А.И., 1983, Образование осадочного и криогенного (Yedoma) Комплекса в субарктической Приморской низменности в Плейстоцене: *Проблемы Криолитологии*, т. 11., стр. 19-37, (на русском языке).
- Quadfasel, D., Rudels, B., and Kurz, K., 1988, Outflow of dense water from a Svalbard fjord into the Fram Strait: *Deep Sea Research* v. 35, p. 1143-1150.
- Rahmstorf, S., 1994, Rapid climate transitions in a coupled ocean-atmosphere model: *Nature*, v. 372, p. 82-85.

- Reason, C.J.C., and Power, S.B., 1994, The influence of the Bering Strait on the circulation in a coarse resolution global mode: *Climate Dynamics* v. 9, p. 363-369.
- Reimnitz, E., Dethleff, D., and Nurnberg, D., 1994, Contrasts in Arctic shelf sea-ice regimes and some implications: Beaufort Sea versus Laptev *SMarine Geology* v. 119, p. 215-225.
- Ривкина Е.М., Гиличинский Д.А., 1996. Метан в вечной мерзлоте: *Литология и Минеральные ресурсы*, т.4, стр. 445-448 (на русском языке).
- Романовский Н.Н., Принципы криогенеза в литосфере: изд-во МГУ, Москва, стр. 296-313. (на русском языке).
- Rudels, B., Jones, E.R, Anderson, L.G., and Kattner, G., 1994, On the Intermediate Depth Waters of the Arctic Oceania Johannessen, O.M., Muench, R.D., and Overland, J.E., eds.. *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment*. American Geophysical Union, Geophysical Monograph 85, Washington, D.C., p. 33-45.
- Ruddiman, W.E, and Kutzbach, J.E., 1989, Forcing of late Cenozoic Northern Hemisphere climate by plateau uplift in southern Asia and the American west: *Journal of Geophysical Research*. D15, p. 18,409-18,427.
- Рудой А.Н., Baker, V.R., 1993, Осадочные эффекты при разрушительных внезапных ледниковых наводнениях в позднем Плейстоцене, Алтайские горы, Сибирь: *Осадочная Геология*, т. 85, стр. 53-62.
- Salvigsen, O., Forman, S.L., and Miller, G.H., 1992, The occurrence of extralimital thermophilous molluscs on Svalbard during the Holocene and paleoclimatic implications: *Polar Research* v, 11, p. 1-10.
- Schlosser, P., Grabitz, D., Fairbanks, R., and Bonisch, G., 1994, Arctic river run-off: mean residence time on the shelves and in the halocline: *Deep Sea Research*, v. 41, p. 1053-1068.
- Schlosser, P., Banisch, G., Kromer, B., Loosli, H.H., Bahler, B., Bayer, R., Bonani, G., and Koltermann, K.R, 1995a, Mid 1980s distribution of tritium,  $^3\text{H}_e$ ,  $^{14}\text{C}$  and  $^{38}\text{Ar}$  in the Greenland/Norwegian seas and the Nansen basin of the Arctic Ocean: *Progress in Oceanography*, v. 35, p. 1-28.
- Schlosser, P., Swift, J.H., Lewis, D. and Pfirman, S.L., 1995b, The role of the large-scale Arctic Ocean circulation in the transport of contaminants *Deep-Sea Research*: v. 42, p. 1.341-1.367.
- Семилетов И.П., Пипко И.И., Пивоваров Н.Я., Попов В.В., Зимов С.А., Воропаев Ю.В., Давыдов С.П., 1996. Атмосферная эмиссия углерода из Северных Азиатских озер: фактор глобального значения: *Атмосферная природная среда*, т. 30 (10/11), стр. 1657-1671.

- Семилетов И.П., 1995. Круговорот углерода на Севере и Глобальное Изменение: *in* WMO -IGAC Conf. on the Measurement and Assesment of the Atmospheric Composition Change. Beijing, China, October 1995, p. 78-82.
- Serreze, M.C., Barry, R.G., and McLaren, A.S., 1989. Seasonal variations in sea ice motion and effects on sea ice concentration in the Canada Basin: *Journal of Geophysical Research* v. 94, p. 10,955-10,970.
- Шер А.В., 1997, Распространение крупных млекопитающих в позднем Четвертичном периоде в Северной Евразии: Новый взгляд на вклад Сибири: *in* B. Huntley, et.all., eds. *Past and Future Rapid Environmental Changes: The Spatial and Evolutionary Responses of Terrestrial Biota* NATO ASI Series I 47, Berlin-Heidelberg, p. 319-339.
- Siegert, MJ., and Dowdeswell, J.A., 1995, Numerical modeling of the Late Weichselian Svalbard-Barents Sea ice sheet: *Quaternary Research* v. 43, p. 1-13.
- Соловьев В.А., Гинзбург Г.Д., 1989, Образование гидратного газа как определенный тип криогенеза в океане: Труды Академии Наук. Сер. Геология, т. 10, стр. 115-120 ( на русском языке).
- Stein, R., Nam, S.-I., Schubert, C., Vogt, C., Futterer, D., and Heinemeier, J., 1994, The last deglaciation event in the eastern central Arctic Ocean: *Science* v. 264, p. 692-696.
- Taylor, K.C., Lamorey, G.W., Doyle, G.A., Alley, R.B., Grootes, P.M., Mayewski, P.A., White, J.W.C., and Barlow, L.K., 1993, The flickering switch of late Pleistocene climate change: *Nature* v. 361, p. 432-436.
- Tveranger, J., Astakhov, V., and Mangerud, J., 1995, The margin of the last Barents-Kara ice sheet at Markhida, northern Russia: *Quaternary Research*, v. 44. p. 328-340.
- Украинцева В.В., 1993, Растительный покров и природная среда в период "Мамонтовой эпохи" в Сибири. The Mammoth Site of Hot Springs Publisher, South Dakota. 309 pp.
- Вартанян С.Л., Гарутт В.Е., Шер А., 1993, Карликовые мамонты Голоцена с о-ва Врангель в Сибирской Арктике: Наука, т. 362, стр. 337-340.
- Верещагин Н.К., Барышников Г.Е., 1982. Палеоэкология мамонтовой фауны в Евразийской Арктике: *in* Hopkins, D.M., Matthews. J.V., Jr., Schweger. C.E., and Young, S.B., eds.. *Paleoecology of Beringia*, Academic Press. New York, p. 267-289.
- Величко А.А., Нечаев В.П., 1984, Вечная мерзлота позднего Плейстоцена в европейской части СССР: *in* Velichko, A.A.. ed., *Late Quaternary environments of the Soviet Union*. University of Minnesota Press, Minneapolis, p. 79-86.

---

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Veum, T, Jansen, E., Arnold. M., Beyer, I., and Duplessy. J-C., 1992, *Water mass exchange between the North Atlantic and the Norwegian Sea during the past 28.000 years*: Nature v. 356, p. 783-785.
- Walsh, J.J., 1989, *Arctic carbon sinks: present and future*: Global Biogeochemical Cycles v. 3, p. 393-411.
- Waters, M.R., Forman, S.L., and Pierson, J., 1997, *Diring Yuriak: A Lower Paleolithic site in Central Siberia*: Science v. 275, p. 1291-1284.
- Weaver, A.J., 1995, *Driving the ocean conveyor*: Nature v. 378, p. 135-136.
- Зимов С.А., Зимова Г.М., Давыдов С.П., Давыдова А.Т., Воропаев Ю.В., Воропаева З.В., Просянников С.Ф., Просянникова О.В., Семилетова И.В., Семилетов И.В., 1993. Активность биоты в зимний период и продуктивность CO<sub>2</sub> в почвах Сибири: Фактор в эффекте парниковых газов: Journal of Geophysical Research v. 98 (D3), p. 5,017-5,023.

---

**Приложение 1:** Список участников Рабочего Собрания NSF-ARCSS научно-исследовательских приоритетов по изучению Евразийских Арктических систем суши-шельф, Колумбия, шт. Огайо, январь, 1995

Валерий Астахов  
ВНИИКАМ  
6, Биржевой проезд  
199034 Санкт-Петербург, Россия  
Тел: 7 812 218 47 02 ad. 18  
FAX: 7 812 218 39 16  
E-mail: valery@NB1466.spb.edu

Garrett Brass  
United States Arctic Research Commission  
4350 Fairfax Drive-Suite 630  
Arlington VA 22203  
Work: 703-525-0111  
Fax: 703-525-0114

Julie Brigham-Grette  
University of Massachusetts  
Department of Geology and Geography  
Morril Service Center  
Amherst MA 01003-0026  
Work: 413-545-4840  
Fax: 413-545-1200  
E-mail: brigham-grette@geologeog.umass.edu

Jerry Brown  
International Permafrost Association  
P.O. Box 9200  
Arlington VA 22219-0200  
Work: 703-525-3136  
E-mail: jerrybrown@igc.org

Peter Clark  
Oregon State University Department of Geosciences  
102 Wilkinson Hall Corvallis OR 97331-5506  
Work: 503-737-1247  
Fax: 503-737-1200  
E-mail: clarkp@ucs.orst.edu

Kathy Crane  
Naval Research Laboratory Marine Geosciences  
Division Washington D.C. 20375  
Work: 202-767-0522

Ray Cranston  
Geological Survey of Canada  
Bedford Institute of Oceanography  
Box 1006  
Dartmouth, N.S. B2Y 4A2 Canada  
Work: 902-426-7733  
Fax: 902-426-4104  
E-mail: cranston@agcrr.bio.ns.ca.edu

John Edmond  
Massachusetts Institute of Technology  
Dept. of Earth Planetary & Atmospheric Sci.  
E34-266  
Cambridge MA 02139  
Work: 617-253-5739  
Fax: 617-253-6208

Mary Edwards  
University of Alaska  
Department of Geology and Geophysics  
Quaternary Studies Center  
Fairbanks AK 99775-1200  
Work: 907-474-5014  
Fax: 907-479-5163  
E-mail: FFMEE@aurora.alaska.edu

Wendy Eisner  
The Ohio State University  
Byrd Polar Research Center  
1090 Carmack Road-108 Scott Hall  
Columbus OH 43210-1002  
Work: 614-292-4396  
Fax: 614-292-4697  
E-mail: weisner@osu.edu

William Fitzhugh  
Smithsonian Institution Department of Anthropology  
Washington D.C. 20560  
Work: 202-357-2682  
Fax: 202-357-2684

Steven Forman  
Ohio State University  
Byrd Polar Research Center  
1090 Carmack Road-108 Scott Hall  
Columbus OH 43210-1002  
Work: 614-292-6085  
Home: 614-488-2740  
Fax: 614-292-4697  
E-mail: steve@hydro.mps.ohio-state.edu

Dieter Fuetterer  
Alfred Wegner Inst. for Polar and Marine Research  
Postfach 12 01 61  
27515 Bremerhaven,  
Germany  
Tel: 49 471 4831 1200/01  
Fax: 49 471 4831 1149  
E-mail: dfuetterer@awi-bremerhaven.de

Валерий Гатауллин  
Институт Морской Геологии и Геофизики  
NIMORGEO  
Brivibas 308-14 Рига  
Латвия LV-1006  
Тел: 011-3712-555437  
Fax: 011-3712-325705

Ted Goebel  
Southern Oregon State College  
Department of Sociology and Anthropology  
1250 Siskiyou Boulevard  
Ashland OR 97520-5085  
Work: 503-552-6321  
Fax: 505-552-6439  
E-mail: goebel@max.sosc.osshe.edu

Jackie Grebmeier  
University of Tennessee  
Graduate Program in Ecology  
691 Dabney Hall  
Knoxville TN 37996-1610  
Work: 615-974-2592  
Fax: 615-974-3067  
E-mail: JG9@stcl0.ctd.ornl.gov

Larry Hinzman  
 Water Research Center  
 Institute of Northern Engineering  
 P. O. Box 755860  
 Fairbanks AK 99775-5860  
 Work: 907-474-7331  
 E-mail: FFLDH@aurora.alaska.edu

John Hobbie  
 Woods Hole Oceanographic Institute  
 Marine Biological Laboratory  
 The Ecosystems Center  
 167 Water Street  
 Woods Hole MA 02543  
 Work: 508-548-6704  
 Fax: 508-457-1548  
 E-mail: jhobbie@drys.mbl.edu

Youngsook Huh  
 Massachusetts Institute of Technology  
 Dept. Of Earth, Planetary & Atmospheric Sci.  
 E34-266  
 Cambridge MA 02139  
 Fax: 617-253-6208  
 E-mail: yhuh@MIT.edu

Scott Ishman  
 U.S. Geological Survey  
 Branch of Paleontology and Stratigraphy  
 MS 970 National Center  
 Reston VA 22092  
 Work: 703-648-5316  
 Fax: 703-648-5420  
 E-mail: sishman@isdres.er.usgs.gov

Ola Johannessen  
 Nansen Environmental & Remote Sensing Center  
 Edvard Griegsvei 3A  
 Solheimsviken/Bergen N-5037  
 Norway  
 Work: 47-55-29-72-88  
 Fax: 47-55-20-00-50  
 E-mail: omj@nanvax.nrsc.no

Leonard Johnson  
 Texas A&M University  
 Geochemical & Environmental Research Group  
 4601 North Fairfax Drive-Suite 1130  
 Arlington VA 22203  
 Work: 703-525-7201  
 Fax: 703-525-7206  
 E-mail: gljgergl@aol.com

Heidemarie Kassens  
 Research Center for the Marine Sciences  
 GEOMAR  
 Wischofstrasse 1-3, Geb.4  
 24148 Kiel  
 Germany  
 Tel. 49 431 600 2850  
 Fax: 49 431 600 2941  
 E-mail: hkassens@geomar.de

Larry Krissek  
 The Ohio State University  
 Department of Geological Sciences  
 Columbus OH 43210  
 Home: 614-292-1924  
 Fax: 614-292-1496  
 E-mail: krissek@mps.ohio-state.edu

Igor Krupnik  
 Smithsonian Institution  
 Arctic Studies Center  
 Washington D.C. 20560  
 Work: 202-357-2684

Andre Lapenis  
 New York University-Earth Science  
 34 Stuyvesant Street  
 Barney Building-Fifth Floor  
 New York NY 10003  
 Work: 212-998-8995  
 Fax: 212-995-3820  
 E-mail: lapenis@acf.nyu.edu

Gifford Miller  
University of Colorado  
Institute of Arctic & Alpine Research  
30th and Marine Streets  
Boulder, CO 80309-0450  
Work: 303-492-8437  
Fax: 303-492-6388  
E-mail: miller@stable.colorado.edu

Walter Oechel  
San Diego State University  
Biology Department  
5300 Campanile Drive  
San Diego CA 92182  
Work: 619-594-4818  
Fax: 619-594-7831  
E-mail: oechel@sunstroke.sdsu.edu

Stephanie Pfirman  
Barnard College/Columbia University  
Environmental Science Department  
3009 Broadway  
New York NY 10027  
Work: 212-854-5120  
Fax: 212-854-7491  
E-mail: spfirman@sn-itplink.barnard.columbia.edu

Leonid Polyak  
The Ohio State University  
Byrd Polar Research Center  
1090 Carmack Road  
108 Scott Hall  
Columbus OH 43210-1002  
Work: 614-292-2602  
Fax: 614-292-4697  
E-mail: polyakl@osu.edu

Erk Reimnitz  
U.S. Geological Survey  
Branch of Pacific Marine Geology  
345 Middlefield Road-MS 999  
Menio Park CA 94025  
Work: 415-354-3049

David Lubinski  
University of Colorado  
Institute of Arctic & Alpine Research  
30th and Marine Streets  
Boulder CO 80309-0450  
Work: 303-492-5075  
Fax: 303-492-6388  
E-mail: lubinski@ucsu.colorado.edu

Vladimir Romanovsky  
University of Alaska  
Geophysical Institute  
Fairbanks AK 99775  
E-mail: ffteo@aurora.alaska.edu

Leonid Serebryanny  
University of Wisconsin  
Department of Geography  
Science Hall  
Madison, WI 53706  
Work: 608-262-0272  
Home: 608-231-0473

Андрей Шер  
Институт Экологии и Эволюции им. Северцова  
РАН  
33, Ленинский проспект  
Москва 117071  
Россия  
Тел. 7 095 238 3875  
Fax: 7 095 954 5534  
E-mail: asher@orc.ru

Douglas Siegel-Causey  
State Museum  
University of Nebraska  
Lincoln NE 68588-0548  
Work: 402-472-9896  
Fax: 402-472-8949  
E-mail: ds@unlinfo.unl.edu



Donald Walker  
University of Colorado  
Institute of Arctic & Alpine Research  
30th and Marine Streets  
Boulder CO 80309-0450  
Work: 303-492-7303  
Fax: 303-492-6388  
E-mail: swalker@taimyer.colorado.edu

Michael Waters  
Texas A&M University  
Department of Anthropology  
College Station TX 77843-4352  
Work: 409-845-5246  
Fax: 409-845-4070

Patrick Webber  
National Science Foundation  
Office of Polar Programs  
4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
E-mail: pwebber@nsf.gov

John Inge Svendsen  
Centre for studies of the Environment and Resources  
University of Bergen  
Hyteknologisenteret  
N-5020 Bergen  
Norway  
Tel: 47 555 84 251  
FAX: 47 555 89 687  
E-mail: john.svendsen@smr.uib.no

Леонид Тимохов  
Арктический и антарктический НИИ  
Отдел Океанологии  
38, ул. Беринга  
Санкт-Петербург 199397  
Россия  
Тел.: 7 812-352-3179  
Fax: 7 812-352-2688  
E-mail: ltim@aari.nw.ru



---

**Приложение 2:** Список участников международного рабочего совещания NSF-ARCSS "Климат и система суша/шельф Арктики (прошлое и настоящее)", Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия, 6-8 ноября, 1995

Алина И. Агатова  
Всероссийский Институт Рыбной Промышленности и Океанографии  
17-я Верхняя Красносельская ул.  
Москва 107140  
Россия  
Тел: 7-095-264 83 92  
Fax: 7-095-264 91 87  
E-mail: dscom@sovam.com

Николай А. Аибулатов  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851,  
Россия  
Fax: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-124 85 28

Генрих В. Алексеев  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7-812-352 19 11  
Fax: 7-812-352 2688  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Елена Н. Андреева  
Лаборатория по изучению Арктики  
Институт по Изучению Систем  
9, проспект 60-летия Октября  
Москва 117312,  
Россия  
Тел: 7-095-135-00 18  
Fax: 7-095-938-22 09  
E-mail: VNIISI@glas.apc.org

Феликс Э. Аре  
СПб Государственный Университет Средств Связи  
9, Московский проспект,  
С-Петербург 190031,  
Россия  
Fax: 7-812-315 26 21  
Тел: 7-812-535 47 52  
E-mail: are@but.spb.su

Валерий И. Астахов  
ВНИИКАМ  
6, Биржевой проезд  
199034 С-Петербург  
Россия  
Тел: 7 812 218 47 02 доб. 18  
FAX: 7 812 218 39 16  
E-mail: valery@NB1466.spb.edu

Александра Н. Беляева  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851, Россия  
Fax: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-124 85 28

Владимир Л. Богданов  
СПб Государственный Университет,  
41, Средний проспект,  
С-Петербург 199004,  
Россия  
Тел: 7-812-218 67 50

Дмитрий Ю. Большаянов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7-812-352 22 46  
Fax: 7-812-352 2688  
E-mail: bolshyanov@aari.nw.ru

Владимир И. Буренков  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851,  
Россия  
Fax: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-124 85 28

Александр И. Данилов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7-812-352 1557  
Fax: 7-812-352 2688  
E-mail: aid@aari.nw.ru

Владимир А. Дауваптер  
Институт Проблем Промышленной Экологии  
Севера,  
14, ул. Ферцмана,  
г. Апатиты, Мурманская обл. 184200,  
Россия  
Fax: 47 789 14117  
E-mail: root@ksc-inep.murmansk.su

Владимир К. Дебольский  
Институт Водных Проблем РАН  
10, ул. Новая Басманная,  
Москва 107078, Россия  
Тел: 7-095-265 97 32  
Fax: 7-095-265 18 87  
E-mail: debolsk@IWAPMSK.su

Елена И. Дебольская  
Институт Водных Проблем РАН  
10, ул. Новая Басманная,  
Москва 107078, Россия  
Тел: 7-095-265 97 32  
Fax: 7-095-265 18 87  
E-mail: debolsk@IWAPMSK.su

Иван Е. Фролов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397, Россия  
Тел: 7-812-352 15 20  
Fax: 7-812-352 2688  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Вячеслав В. Гордеев  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851, Россия  
Fax: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-129 1836

Игорь С. Грамберг  
ВНИИОкеангеология  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121, Россия  
Fax: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 24 70  
E-mail: givanov@g-ocean.spb.su

Станислав Е. Гречищев  
Институт Криосферы Земли,  
30/б.,к.. 85 ул. Вавилова  
Москва 117218,  
Россия  
Тел.: 7-095-135 98 71  
Fax: 7-095-135 65 82  
E-mail: emelnikov@glas.arg

Гаррик Э. Грикуров  
ВНИИОкеангеология  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121, Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 24 70

Владимир Д. Грищенко  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397, Россия  
Тел: 7-812-352 2609  
Факс: 7-812-352 2688  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Виль М. Игамбердиев  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397, Россия  
Тел: 7-812-352 2863  
Факс: 7-812-352 2688  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Виктор В. Ионов  
СПб государственный Университет  
Факультет Географии и Геоэкологии  
33, 10 линия, В.О.  
С-Петербург 199178, Россия  
Факс: 7-812-218 13 46  
Тел: 7-812-218 71 46  
E-mail: Victor@baltic.lgu.spb.su

Геннадий И. Иванов  
ВНИИОкеангеология  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121, Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 4042  
E-mail: givanov@g-ocean.spb.su

Михаил В. Иванов  
Институт Микробиологии РАН,  
7/2 проспект 60-летия Октября,  
Москва 117312, Россия  
Тел: 7-095-135 11 71  
Факс: 7-095-135 65 30  
E-mail: panikov@imbran.msk.su

Владимир В. Иванов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7-812-352 0331  
Факс: 7-812-352 2688  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Борис И. Ким  
ВНИИОкеангеология  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121,  
Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-210 99 73  
E-mail: givanov@g-ocean.spb.su

Владислав В. Хлебович  
Зоологический Институт РАН  
1, Университетская наб.  
С-Петербург 199034, Россия  
Тел: 7-812-218 46 09  
Факс: 7-812-218 29 41

Сергей А. Корсун  
Мурманский Морской Биологический Институт,  
17, Владимирская ул., Мурманск 183010.  
Россия  
Факс: 47-789-10 288  
Тел: 7-815-2-565232

Жанна Н. Кудряшова  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397, Россия  
Тел: 7-812-352 1933  
Факс: 7-812-352 2688  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Евгений А. Куликов  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851, Россия  
Факс: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-129 1836

Сергей С. Лаппо  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851, Россия  
Факс: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-129 1836

Борис В. Левин  
РФФИ  
32 А. Ленинский проспект  
Москва 117218,  
Россия  
Факс: 7-095-93819 31  
Тел: 7-095-938 17 95

Александр П. Лисицын  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851,  
Россия  
Факс: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-129 1836

Борис Г. Лопатин  
ВНИИОкеангеология  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121,  
Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 4042  
E-mail: givanov@g-ocean.spb.su

Марина О. Лейбман  
Федеральный Центр Геоэкологических Систем  
30/6, к. 85, ул. Вавилова  
Москва 117982,  
Россия  
Факс: 7-095-135 6582  
Тел: 7-095-215-8666  
E-mail: nromanovsky@glas.apc.org

Алия Ю. Лейн  
Институт Аналитической Химии и Геохимии,  
19, ул. Сыгина,  
Москва 117975,  
Россия  
Тел: 7-095-939 70 64  
Факс: 7-095-135 65 30

Вячеслав М. Макеев  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7-812-352 3389  
Факс: 7-812-352 2688  
E-mail: makeev@aari.nw.ru

Александр П. Макштас  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7-812-352 3352  
Факс: 7-812-352 2688  
E-mail: b\_ivanov@aari.nw.ru

Геннадий Г. Матишов  
Мурманский Морской Биологический Институт,  
17, Владимирская ул.,  
Мурманск 183010  
Россия  
Факс: 47-789-10 288  
Тел: 7-815-2-565232

Надежда В. Матвеева  
Институт Ботаники им. Комарова РАН,  
2, ул. Проф. Попова  
С-Петербург 197376  
Россия

Евгений С. Мельников  
Институт Криосферы Земли,  
30/6. к. 74а. ул. Вавилова  
Москва 117982,  
Россия  
Тел: 7-095-135 65 82  
Факс: 7-095-135-65 82  
E-mail: .melnikov@glas.apc.org

Владимир П. Мельников  
Институт Криосферы, Сибир. Отд. РАН,  
Тюмень  
Россия  
Тел: 345 2 251 153  
Факс: 345 2 223 380

Евгений Е. Мусатов  
ВНИИОкеангеология  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121, Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 4042  
E-mail: musatov@g-ocean.spb.su

Георгий Г. Новиков  
МГУ  
Воробьевы Горы,  
Москва 119899, Россия  
Тел: 7-095-939 13 33  
Факс: 7-095-939 15 45

Владимир И. Павленко  
Арктический Центр РАН  
4, ул. Шверника,  
Москва 117036, Россия  
Тел: 7-095-126 70 39  
Факс: 7-095-126 66 98  
E-mail: galina@arctic.msc.su

Владимир К. Павлов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397, Россия  
Тел: 7-812-352 3129  
Факс: 7-812-352 2688  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Вера И. Петрова  
ВНИИОкеангеология  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121,  
Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 4042  
E-mail: musatov@g-ocean.spb.su

Виктор В. Петряшов  
Зоологический Институт РАН,  
1, Университетская наб.  
С-Петербург 199034,  
Россия  
Тел: 7-812-218 46 09  
Факс: 7-812-218 29 41

Владимир Н. Михаленко  
Институт Географии РАН,  
29. Staromonescny,  
Москва 109017, Россия  
Тел: 7-095-129 44 08  
Факс: 7-095-230 20 90  
E-mail: mikhalenko@mikun.msk.su

Владимир Г. Пимкин  
Государственный региональный  
Центр "Прикладной Химии"  
14, ул. Добролюбова  
С-Петербург 197198,  
Россия  
Тел: 7-812-238 90 04  
Факс: 7-812-238 95 05

Владимир В. Питулько  
Институт Истории Мировой Культуры РАН  
18, Дворцовая наб.,  
С-Петербург 191186,  
Россия  
Тел: 7-812-331 5092  
Факс: 7-812-311 62 71  
E-mail: archeo@archeo.spb.ru

Владимир Погребов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7 812 323 7902  
FAX: 7 812 352 3389  
E-mail: pogrebov@VP122.spb.ru

Сергей М. Прямиков  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7 812 352 00 96  
FAX: 7 812 352 26 85  
E-mail: priamiks@aari.nw.ru

Александр А. Прокофьев  
Росгидромет  
12, Нововаганьковская ул.  
Москва, Россия

Ольга Ребристая  
Институт Ботаники им. Комарова РАН,  
2, ул. Проф. Попова,  
С-Петербург 197376,  
Россия

Елена Н. Русина  
Главная геофизическая Обсерватория им. Воейкова,  
7, ул. Карбышева,  
С-Петербург  
Россия  
Тел: 7-812-245 02 11

Сергей К. Рябчук  
Полярная Геофизическая Обсерватория,  
Якутский Институт Пространственно-Геофизических  
Исследований РАН  
25, Ленинская ул.,  
Тикси, Якутия  
Россия  
Тел. 21 789

Константин Д. Сабинин  
Институт Общей Физики РАН  
Москва  
Тел: 7-095-126 98 46

Виктор В. Сапожников  
Всероссийский Институт Рыбной Промышленности и  
Океанографии,  
17-а, Верхняя Красносельская ул.  
Москва 107140,  
Россия  
Тел: 7-095-264 83 92  
Факс: 7-095-264 91 87

Артем С. Саркисян  
Институт Компьютерной Математики РАН  
32-а, Ленинский проспект,  
Москва  
Россия  
Факс: 7 095 938 18 21

Елена В. Сасорова  
Государственный Океанографический Институт,  
6, Кропоткинский пер,  
Москва, Россия  
Тел: 7-095-315 27 09  
E-mail: sasor@geophioras.msk.ru

Владимир Ф. Радионов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7 812 352 19 51  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: vradion@aari.nw.ru

Лев М. Саватюгин  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7 812 352 10 57  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: savat@aari.nw.ru

Игорь П. Семилетов  
Тихоокеанский Океанологический Институт РАН  
43, Балтийская ул.  
Владивосток 690041,  
Россия  
Тел. 7 4232 313073  
Факс: 7 4232 312573  
E-mail: igor7@arc.marine.su

Людмила А. Сергиенко  
Институт Ботаники им. Комарова РАН  
2, ул. Проф Попова  
С-Петербург 197376  
Россия  
Факс: 7-812-234 45 12  
Тел: 7-812-470 60 49 (дом)  
E-mail: binran@glas.apc.org

Александр Ю. Шмелев  
Институт Общей Физики РАН  
Москва  
Россия  
Тел.: 7-095-128 78 33



Валерий А. Соловьев  
ВНИИОкеангеология,  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121,  
Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 4042  
E-mail: musatov@g-ocean.spb.su

Юрий А. Стариков  
Национальный Комитет РАН по Международной  
геосферно-биосферной программе (IGBP)  
29, Старомонетный пер.,  
Москва 109017,  
Россия  
Тел: 7-095-238 94 69  
Факс: 7-095-238 94 69

Вадим Ф. Старков  
Институт Археологии РАН,  
19, ул. Д. Юлианова  
Москва 117036,  
Россия  
Тел: 7-095-126 94 44  
Факс: 7-095-126 06 30

Ольга И. Сумина  
СПб государственный Университет  
Отделение Геологии и Экологии  
С-Петербург,  
Россия  
Факс: 7-812-218-08 52  
Тел: 7-812-552 13 64; 812-218 1472

Геннадий А. Тарасов  
Мурманский Морской Биологический Институт  
7, Владимирская ул.,  
Мурманск 183010,  
Россия  
Факс: 47-789-10288  
Тел: 7-815-256 52 321

Олег М. Терещенков  
НИИ по Сохранению Природы Арктики и Севера  
13, ул. Челиева,  
С-Петербург 193224, Россия  
Тел: 7-812-263 6331  
Факс: 7-812-263 66 61

Владимир П. Шевченко  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851,  
Россия  
Факс: 7-095-124 5983  
Тел: 7-095-124 7737  
Email: vshevch@geo.sio.rssi.ru

Наталья И. Силина  
Государственный Гидрологический Институт  
23, 2 линия, В.О.  
С-Петербург, Россия  
Тел: 7-812-213 89 20  
Факс: 7-812-213 10 28

Борис И. Сиренко  
Зоологический Институт РАН  
1, Университетская наб.,  
С-Петербург 199034,  
Россия  
E-mail: sbi@zisp.spb.su

Леонид А. Тимохов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7 812 352 3179  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: ltim@aari.nw.ru

Олег А. Трошичев  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7 812 352 11 49  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: olegtro@aari.nw.ru

Борис И. Вдовин  
Институт Урбанизации,  
21, ул. Бассейная  
С-Петербург 196191  
Россия  
Тел: 7-812-295 93 26  
Факс: 7-812-295 97 26

Галина М. Воропаева  
НИИ по Сохранению Природы Арктики и Севера  
13, ул. Челиева,  
С-Петербург 193224, Россия  
Тел: 7-812-263 69 33  
Факс: 7-812-263 66 61

Дмитрий С. Яшин  
ВНИИОкеангеология,  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121, Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 4042  
E-mail: musatov@g-ocean.spb.su

Анатолий Н. Елисеев  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397, Россия  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Василий Т. Ярмишко  
Институт Ботаники им. Комарова РАН  
2, ул. Проф. Попова,  
С-Петербург 197376,  
Россия  
Факс: 7-812-234 45 12  
Тел: 7-812-234 84 51  
E-mail: binran@glas.apc.org

Борис А. Юрцев  
Институт Ботаники им. Комарова РАН  
2, ул. Проф. Попова,  
С-Петербург 197376,  
Россия  
Факс: 7-812-234 45 12  
Тел: 7-812-234 84 51  
E-mail: binran@glas.apc.org

Виктор Ф. Захаров  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел. 7 812 352 2146  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Михаил Е. Виноградов  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851,  
Россия  
Факс: 7-095-124 5983  
Тел. 7-095-124 7737  
Email: vshevch@geo.sio.rssi.ru

Кира Л. Виноградова  
Институт Ботаники им. Комарова РАН  
2, ул. Проф. Попова,  
С-Петербург 197376,  
Россия  
Факс: 7-812-234 45 12  
Тел: 7-812-234 84 51  
E-mail: binran@glas.apc.org

Владимир С. Захридзе  
ВНИИОкеангеология,  
1, Английский проспект  
С-Петербург 190121,  
Россия  
Факс: 7-812-114 1470  
Тел: 7-812-114 4042  
E-mail: musatov@g-ocean.spb.su

Геннадий К. Зубакин  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел. 7 812 352 02 75  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: aaricoop@aari.nw.ru

Дмитрий Г. Замолодчиков  
Центр Экологии и Продуктивности лесов РАН  
Москва, Россия  
Тел. 7 095 332 52 90  
Fax 7 095 332 29 17  
E-mail: gilmahov@glas.apc.org

---

## Приложение 3: Руководящий Комитет RAISE (1996-1999)

### Представители России

Игорь Крупник  
Arctic Studies Center  
Smithsonian Institution  
Washington, DC 20560  
E-Mail: MNHAN137@sivm.si.edu

Сергей С. Лаппо  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851, Россия  
Fax: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-129 1836

Игорь А. Мельников (Со-Председатель)  
Институт Океанологии им. Ширшова РАН  
36, Нахимовский проспект  
Москва 117851, Россия  
Fax: 7-095-124 59 83  
Тел: 7-095-129 1836  
E-Mail: melnikov@glas.apc.org

Сергей М. Прямик (Со-Председатель)  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397, Россия  
Тел: 7 812 352 00 96  
FAX: 7 812 352 26 85  
E-mail: priamiks@aari.nw.ru

Николай Н. Романовский  
МГУ  
Факультет Геологии и Геокриологии  
Воробьевы Горы  
Москва 119889  
Россия  
Тел. 7 095 932 8889  
E-Mail: nromanovsky@glas.apc.org

Игорь П. Семилетов  
Тихоокеанский Океанологический Институт РАН  
43, Балтийская ул.  
Владивосток 690041,  
Россия  
Тел. 7 4232 313073  
Fax: 7 4232 312573  
E-mail: igor7@arc.marine.su

Леонид А. Тимохов  
Арктический и антарктический НИИ  
38, ул. Беринга  
С-Петербург 199397,  
Россия  
Тел: 7 812 352 3179  
FAX: 7 812 352 26 88  
E-mail: ltim@aari.nw.ru

## Представители США

Lee W. Cooper  
Environmental Sciences Division  
Oak Ridge National Laboratory  
MS 6038, P.O. Box 20078  
Oak Ridge, TN 37831-6038  
E-mail: jgg@ornl.gov

Steven L. Forman (Co-chair)  
Dept. of Earth and Environmental Sciences  
University of Illinois at Chicago (M/C 186)  
845 West Taylor Str.  
Chicago, Illinois 60607-7059  
E-mail: slf@uic.edu

G. Leonard Johnson (co-chair)  
Texas A and M University  
4601 N. Fairfax Drive Suite 1130  
Arlington, VA 22203  
E-mail: gljg1@aol.com

Herbert Maschner  
Department of Anthropology  
5240 Social Science  
University of Wisconsin  
Madison, WI  
E-mail: maschner@facstaff.wisc.edu

Bruce Peterson  
Ecosystems Center  
Marine Biology Laboratory  
167 Water Street  
Woods Hole, MA 02543  
E-mail: Peterson@lupine.mbl.edu

Stephane Pfirman  
Barnard College/Columbia University  
3009 Broadway  
New York, NY 10027  
E-mail: spfirman@barnard.columbia.edu

James Syvitski  
Institute of Arctic & Alpine Research  
University of Colorado at Boulder  
560 30<sup>th</sup> Street, Campus Box 450  
E-mail: james.syvitski@colorado.edu