

## ИЗУЧЕНИЕ МЕРЗЛОТЫ НА ЗАПАДНОМ ЯМАЛЕ В РАМКАХ МПГ 2007/08

А.А.ВАСИЛЬЕВ (ИКЗ СО РАН)

В ходе выполнения программы МПГ 2007/08 Институт криосферы Земли СО РАН проводил работы на Западном Ямале на геокриологическом полигоне Марре-Сале, организованном на берегу Байдарацкой губы Карского моря в районе полярной станции Росгидромета и характеризующем нетронутые интенсивной хозяйственной деятельностью прибрежно-морские условия Арктики.

Полигон Марре-Сале существует более 20 лет. На нем ежегодно в августе-сентябре силами отряда из четырех-шести человек ведутся режимные измерения параметров, определяющих состояние и динамику криосферы Российской Арктики. Бесшменный руководитель и организатор работ на стационаре - д-р геол.-мин. наук Александр Алексеевич Васильев. Режимные наблюдения проводят аспиранты ИКЗ СО РАН, студенты географического факультета МГУ.

Работы на стационаре Марре-Сале являются отличной школой полевых геокриологических исследований. Собранные фактические ежегодные измерения параметров природной среды пополняют комплексную ГИС-базу ИКЗ СО РАН и служат основой для подготовки курсовых, дипломных и диссертационных работ.

В 2007 г. в работе отряда участвовали аспирант Рой Широков, студенты МГУ Иван Копытов и Сергей Симонов. Оборудование и исследователи были доставлены на место вертолетом МИ-8.

Важнейшая проблема криологии - достоверная оценка состояния и реакции континентальной и субквальной криолитозоны (многолетнемерзлых, сезонно-талых и сезонно-мерзлых толщ) на изменения природной среды в естественных условиях. На этой базе устанавливают фоновые закономерности динамики криолитозоны в континентальной части побережья, а уже с их учетом прогнозируют развитие природных процессов под воздействием техногенеза.

Мониторинг континентальной и субквальной мерзлоты в условиях меняющегося климата включает в себя:

- выявление факторов, влияющих на динамику криолитозоны: колебаний температуры воздуха, количества и межгодового распределения осадков, характеристик прибрежно-морских условий (ледовитости моря, распределения и интенсивности штормов и др.);

- изучение состава, строения и залегания, льдистости и криогенного строения отложений, слагающих береговые уступы, в обнажениях и в скважинах;

- измерение температуры многолетнемерзлых пород логгерами-гирляндами с датчиками температуры;

- измерение глубин сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоя на одинаковых площадках в различных ландшафтных условиях, определение их изменений в условиях меняющегося климата;

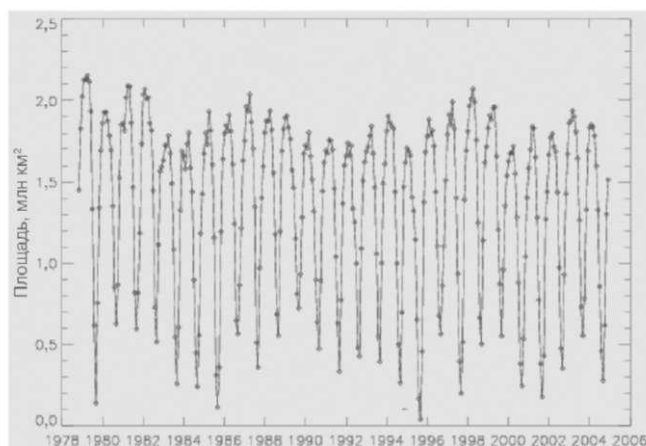
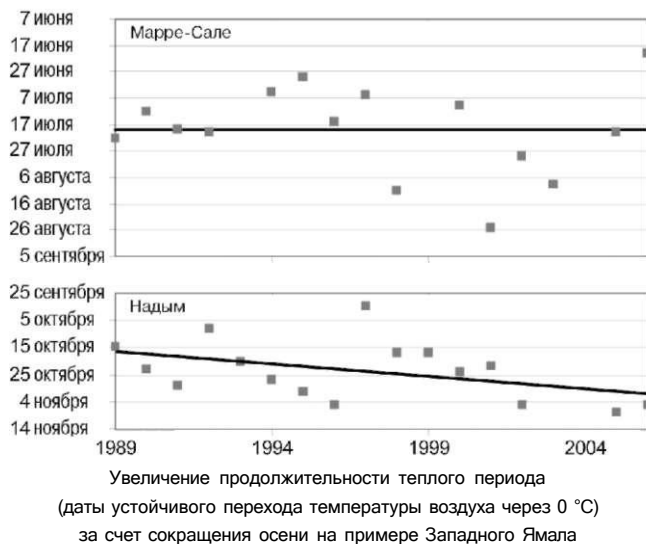
- измерения отступления термоабразионных берегов, сложенных породами различной льдистости, в т.ч. крупными залежами пластовых льдов, для оценки динамики размыва и прогноза изменений природных процессов при проектировании инженерно-хозяйственных сооружений.

По результатам экспедиционных работ в рамках МПГ 2007/08 в 2007 г. установлены связи между характеристиками ледовитости и активностью моря, климатическими факторами и характеристиками динамики отступления и деградации реликтовой мерзлой толщи на прибрежных участках. Анализ этой ГИС-базы данных показал, что изменения климата в Западном секторе Арктики цикличны при общей тенденции к потеплению. Анализ ежесуточных данных показал, что для Западного Ямала наблюдается устойчивое увеличение продолжительности теплого периода за счет более позднего наступления осени. Увеличение продолжительности теплого периода составило в районе Марре-Сале около 6 сут, для более континентальных районов (Надым) - 16 сут.

Сравнение новых данных и многолетних рядов наблюдений за температурой морской воды позволило выявить вековую динамику и тенденцию

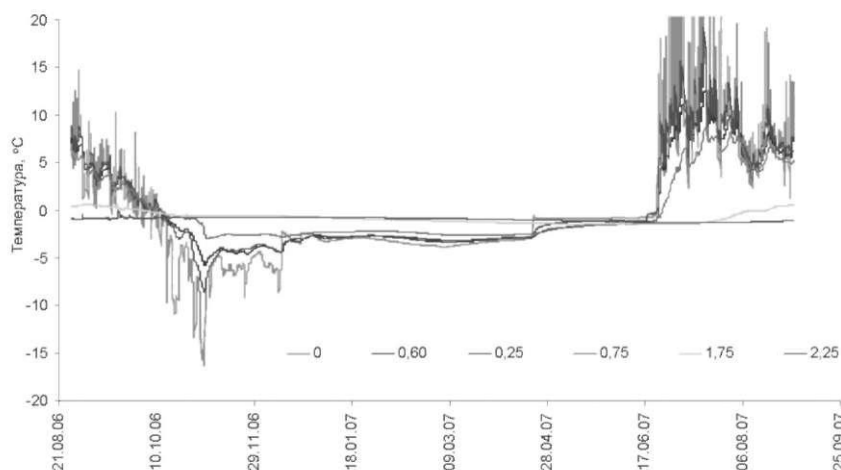


Бурение скважин для измерений температуры в заливаемой лаиде Карского моря

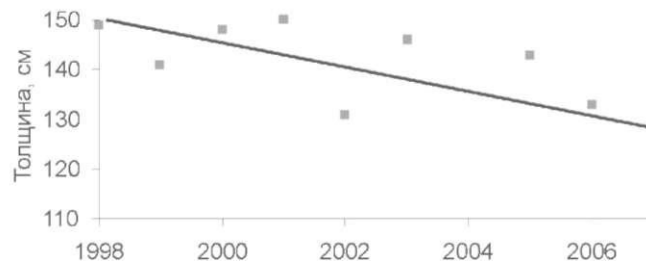


Сокращение суммарной площади морского льда  
Баренцева и Карского морей по спутниковым данным  
([www.aari.ru](http://www.aari.ru), 1979-2005 гг.)

повышения температуры придонного слоя воды и дна Карского моря на глубине 0-50 м и ее связь с температурой воздуха. На Северо-Западном Ямале повышение температуры морской воды с 1920-х гг по настоящее время составляет 0,2-0,3 °С.



Годовой ход температуры грунтов на пляже Карского Марпе-Сале, Западный Ямал



Уменьшение максимальной толщины ледового покрова однолетнего льда за последние 10 лет. Карское море, Западный Ямал

Гидродинамические параметры моря, влияющие на динамику прибрежно-морской криолитозоны, также испытывают изменения, связанные с климатом. Данные о сокращении площади морского льда Баренцева и Карского морей свидетельствуют о радикальной перестройке тепло-массобмена в Арктике. Однако при этом не только сокращается площадь морского льда, но и уменьшается его мощность. По данным метеостанции Марпе-Сале, мощность ледового покрова однолетнего льда за последние 10 лет сократилась с 145–150 до 115–130 см. Это приводит к тому, что сужается полоса смерзания однолетнего припайного льда с дном моря и многолетнемерзлые породы под дном моря оттаивают интенсивнее.

Проведено тестовое моделирование протаивания толщи многолетнемерзлых пород под дном моря. В качестве граничных условий выбрана температура придонного слоя воды (и дна), приближенно соответствующая реальным современным условиям. На основе моделирования установлено, что за первые 1000 лет глубина протаивания составит около 20 м и далее будет возрастать очень медленно.

Другой малоизученный вопрос динамики криолитозоны – скорость и ход преобразования мерзлых толщ, промерзших на суше в субаквальных обстановках. При размыве мерзлых отложений берегов их нижние части образуют реликтовую субаквальную мерзлоту на дне моря. Под действием засоленных вод происходит засоление и переход мерзлых пород в охлажденные (без включений льда, но с отрицательной температурой), вытаивание подземных льдов, с образованием неровностей донного рельефа. В мелководной части шельфа Карского моря с глубинами до 20 м пока еще очень мало сведений и наблюдений за динамикой реликтовой мерзлой толщи, поскольку ежегодный припайный лед уничтожает установленные приборы.

Разовые измерения характеристик донных вод и грунтов были проведены изыскательскими организациями по отдельным профилям Байдарацкой губы до глубин 80 м, поэтому не дают надежной базы для оцен-

ки состояния, строения и мощности всей мерзлой толщи, как и составления надежного инженерно-геокриологического прогноза при строительстве подводных трубопроводов. Измерения межгодовой и сезонной изменчивости температуры, солечности придонных слоев морской воды и грунтов на мелководных участках дна моря не проводились.

В 2007 г. оборудована наблюдательная сеть и начат мониторинг температурного режима мерзлых толщ при их деградации в условиях перехода из континентального в субаквальное состояние и, напротив, новообразования мерзлоты на низких

аккумулятивных поверхностях. Для этого пробурены скважины и установлены логгеры для непрерывных измерений температуры в верхнем слое до глубины 2,5 м.

Выявлен эффект «зависания температуры грунтов», связанный с засоленностью промерзающих протаивающих грунтов и сверхвысоким снежным покровом, оказывающим огромное отепляющее влияние на условия теплообмена в транзитной зоне.

МПГ 2007/08 дал старт новому направлению исследований криосферы в малоизученных полярных областях суши и моря.