

МОНИТОРИНГ КРИОЛИТОЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА В 2007 Г.

Г.В.МАЛКОВА, А.Г.СКВОРЦОВ (Институт криосферы Земли СО РАН)

Современная криолитозона России занимает 65 %, или 2/3 общей площади страны. Наиболее мощные мерзлые толщи с самыми низкими температурами распространены на Арктических о-вах и обширных пространствах Центральной Сибири и Якутии. В европейской части России криолитозона расположена севернее полярного круга. Самые западные участки мерзлоты - маломощные изолированные острова многолетнемерзлых пород (ММП) сохраняются на п-ове Канин и на восточном побережье Кольского п-ова; западный фронт области сплошного распространения ММП находится на Тимано-Печорской низменности и изучается на геокриологическом стационаре «Мыс Болванский» на возвышенных морских террасах Печорской губы.

Для криолитозоны Европейского Севера характерна большая пестрота геокриологических условий и высокая динамичность ММП, чутко реагирующих на изменения условий теплообмена на дневной поверхности. В зоне сплошного распространения ММП имеют температуру в пределах $-1...-2$ °С (на наиболее возвышенных участках до -5 °С), их мощность не превышает 100-150 м (редко до 400-500 м). В разрезе ММП встречаются горизонты и линзы криопэгов или талых пород. Участки сплошного распространения ММП прерываются редкими сквозными таликами гидрогенного типа под крупными глубокими озерами и под руслами крупных рек - Печоры, Ко-

ротаихи, Черной и др. Под мелкими озерами и под днищами логов и балок (где зимой накапливается снег) формируются маломощные несквозные талики. В зоне прерывистого и островного распространения площадь таликов возрастает, температура ММП близка к 0 °С, а их мощность сокращается до 10-15 м.

Для детального изучения геокриологических условий в различных природных и антропогенных условиях проводится геокриологический мониторинг - организуются стационары, на которых проводятся регулярные тематические исследования. В 1980-е гг. на Европейском Севере действовало 14 геокриологических стационаров, а измерения температуры проводились в нескольких десятках скважин. Сейчас регулярные измерения температуры в скважинах проводятся только на двух стационарах:

1) в районе Воркуты (под руководством Н.Б.Какунова),

2) на Болванском мысу (под руководством Г.В.Малковой).

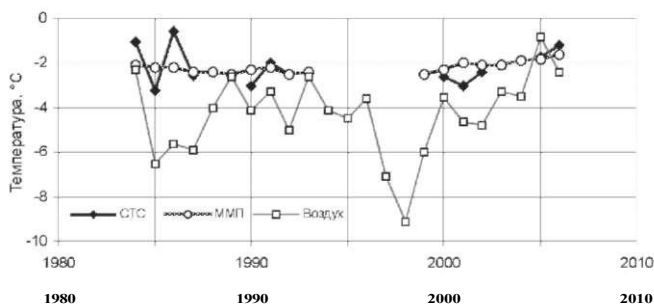
В 2006-2007 гг. на стационарах Роговая, Коротаиха после 11 лет перерыва температурные наблюдения мерзлых пород стал проводить Н.Г.Оберман.

Геокриологические исследования на стационаре «Мыс Болванский» на побережье Печорской губы проводятся уже 25 лет - это самая западная оконечность зоны сплошного распространения ММП. Благодаря программам исследований МПГ 2007/08, технической и финансовой поддержке международных проектов CALM и TSP, интеграционных программ РАН, СО РАН 16.1, 7.14, 71 мониторинг криолитозоны получил дальнейший толчок к развитию. Были подготовлены инструментальные средства, восстановлены старые и пробурены новые скважины, установлены логгеры для измерения температуры пород в скважинах. В 2007 г. полевые работы на мысе Болванский включали в себя исследование следующих характеристик:

- температурного режима верхних горизонтов ММП с использованием автоматизированных логгеров в наблюдательных скважинах с круглогодичным циклом температурных измерений;
- изменчивости глубины протаивания на режимной площадке в конце теплого периода и температурного режима активного слоя;



Оборудование скважины логгером для круглогодичного измерения температуры мерзлых пород



Динамика изменения среднегодовой температуры воздуха, сезонно-талого слоя (СТС) и мерзлых пород (ММП) на глубине 10 м

- динамики развития криогенных процессов (новообразования ММП, термоабразии, термоэрозии и пр.) на режимных площадках;

- сейсмогеокриологических условий верхних горизонтов пород в береговой зоне Печорской губы в субаквальных и субаэральных условиях с использованием оригинальных методик сейсморазведки, разработанных в ИКЗ СО РАН, и в субаэральных условиях с использованием многоволновой азимутальной сейсморазведки.

Среди всех регионов криолитозоны России Европейский Север характеризуется достаточно стабильными климатическими условиями, что должно способствовать сохранению существующей геокриологической обстановки. Повышения среднегодовой температуры воздуха за последние 25 лет здесь имеют слабый положительный тренд (0,03-0,04 °C/год), тогда как в Якутии и на юге Сибири среднемноголетние тренды потепления достигают 0,08 °C/год. Однако техногенная нагрузка на мерзлые ландшафты Европейской субарктики в настоящее время значительно возросла. В последние 10 лет началось интенсивное освоение расположенных в криолитозоне нефтегазовых месторождений в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, строятся нефтеотгрузочные терминалы в береговой зоне Баренцева моря и Печорской губы (Варандей и др.). Но современных данных об изменении геокриологических условий в последние десятилетия недостаточно для прогноза развития криогенных геологических процессов и обеспечения политики рационального природопользования.

Основные результаты исследований на стационаре «Мыс Болванский» в 2007 г. Сопоставление данных 2007 г. с данными измерений в 10 скважинах за 25 лет подтвердило слабый положительный тренд в ходе среднегодовой температуры ММП - от 0,003 до 0,023 °C/год в различных ландшафтных условиях, тогда как тренд температуры воздуха составляет 0,04 °C/год. Характерна относительная синхронность в изменениях температуры пород и воздуха, по температуре ММП четко прослеживаются периоды похолодания (1985-1990 гг.) и потепления (1990-1993 и 2002-2006 гг.). Особенно значительно температура ММП

изменилась за последние 9 лет, что связано с большой изменчивостью среднегодовой температуры воздуха. Вслед за аномально холодным 1998 г. температура ММП существенно снизилась в 1999 и 2000 гг. Теплые 2000 и 2005 гг. обусловили повышение среднегодовой температуры ММП в 2001 г. и ее скачок в 2006 г. После понижения в 2006 г. среднегодовой температуры воздуха на 2 °C в конце теплого периода 2007 г. зафиксировано понижение температуры ММП на 0,1-0,2 °C.

Многолетние наблюдения в скважине за температурой талых пород краевой части заболоченной озерной котловины показали ее резкие вариации на глубине 10 м (до 0,5 °C) и слабый отрицательный тренд (-0,012 °C/год). Несмотря на современное повышение среднегодовой температуры воздуха на днище озера создаются условия для понижения температуры пород, что связано с изменением гидрологического режима участка - понижением уровня грунтовых вод за счет развития эрозионной сети.

Наблюдения за температурным режимом сезонно-талого слоя (СТС) проводились на опорных скважинах в комплексе с измерением глубины протаивания и температуры ММП. Сведения о температуре грунтов СТС поступали нерегулярно, но даже по имеющимся данным можно судить о достаточной устойчивости мерзлоты в данном районе. За весь период наблюдений среднегодовая температура СТС значительно менялась: от -2,5...-3,0 °C в 1980-е гг. до -1,2...-1,3 °C в настоящее время. Полученные данные свидетельствуют о тенденции повышения среднегодовой температуры грунтов СТС в последние годы, но глубина протаивания в многолетнем цикле изменяется в очень узком диапазоне. Глубина протаивания на наблюдательной площадке возросла от 103 до 120 см, т.е. составила около 10 % за счет повышения среднегодовой температуры грунтов СТС в 2,0-2,5 раза.

Для оттаивания мерзлоты сверху и перехода сезонного оттаивания в сезонное промерзание необходимо, чтобы среднегодовая температура СТС была близка к 0 °C, т.е. при сохранении темпов потепления воздуха деградация ММП в этих районах начнется очень нескоро.

Наши работы позволили получить данные о скорости отступления бровки морских берегов за счет развития деструктивных процессов. Для Печорской губы наибольшая скорость отступления бровки измерена на мерзлых суглинистых берегах - до 2,5 м/год. В процессе термоабразии подмывается берег в нижней части и нарушается равновесие склона, затем происходит оплывание или оползание в средней и верхней частях склона. В разрушении мерзлых песчаных берегов принимают участие, кроме термоабразии, процессы обрушения, осыпания, дефляции. Скорость отступления бровки песчаных берегов не превышает 1 м в год. Мерзлые

торфяные берега формируют крутые уступы, нависающие карнизы, затем происходит оседание блоков торфа, оконтуренных в плане морозобойными трещинами, поэтому процесс отступления бровки торфяных берегов идет пульсационно.

Для изучения устойчивости берегового уступа мыса Болванский, сложенного мерзлыми суглинками, была разработана и впервые успешно опробована методика многоволновой разноазимутальной сейсморазведки (МРС). Уступ террасы довольно крутой (30°), однако на первом этапе трехлетних режимных наблюдений никаких современных активных процессов, включая оползни и обрушение, здесь не наблюдалось. Густые кусты подтверждают современную стабильность склона. Анализ пространственно-временной изменчивости сейсмических свойств пород в пределах СТС позволил установить особенности распределения напряженно-деформированного состояния пород в прибрежной части склона. В первый же год были выявлены и локализованы ослабленные зоны, расположенные на удалении 10 и 30 м от уступа, вдоль которых прогнозировалось развитие деформаций в будущем. На следующий год в пределах первой зоны образовалась широкая трещина оседания, что подтвердило прогноз. Сейсмические исследования показали возможность скорого разрушения части берегового уступа и дают основания сказать, что в ближайшие годы произойдет смещение целых блоков пород, оторвавшихся от основного массива.

При помощи сейсмических методов удалось исследовать характер распространения мерзлоты в пределах спущенных озер. В результате изменения гидрологической обстановки в центре хасырея (осушенного озера) начал формировать-

ся бугор пучения диаметром 15 м. За 20 лет в верхней части разреза образовалась мерзлая линза мощностью 3 м, ниже до глубины 15 м залегают талые породы (подозерный талик), а еще ниже - ММП. Эти данные показывают, что существующая природная обстановка на берегах Печорской губы способствует новообразованию мерзлоты и пучению поверхности. Эти сведения важно учитывать при освоении заболоченных и заозеренных территорий.

Очень интересные результаты по данным сейсморазведки получены на пляже и в мелководной части (в пределах 200 м от берега) Печорской губы. Кровля ММП в прибойной зоне расположена на глубине 6-10 м от поверхности земли. В мелководной части акватории (толща воды составляла 1,0-1,5 м) кровля ММП опускается на глубину до 25 м, а на удалении 150 м от береговой линии ММП перестают прослеживаться. Такие данные особенно важно учитывать при проектировании берегового резервуарного парка на побережье Баренцева моря, выносной платформы и подводного перегрузочного комплекса нефтяных терминалов.

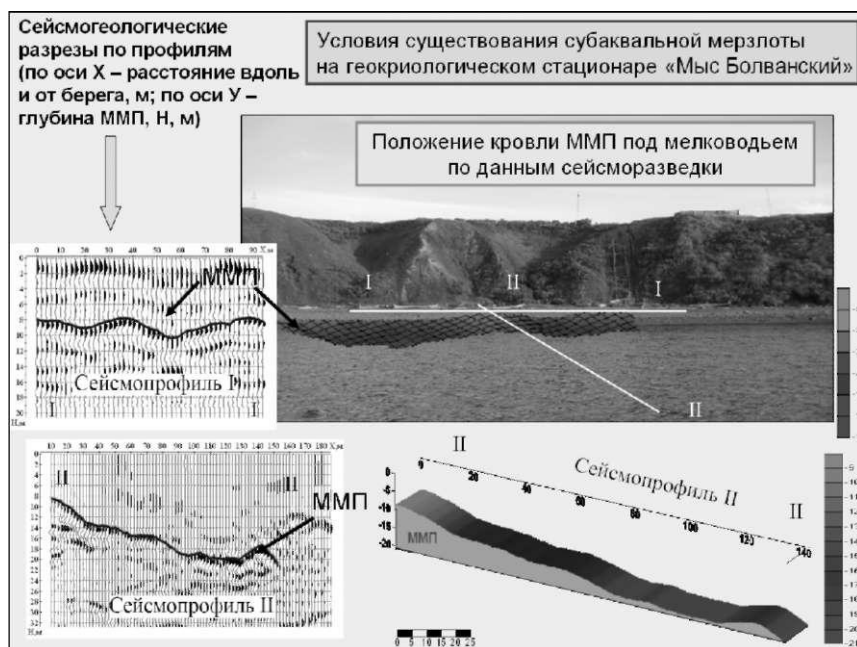
Нефтедобывающая промышленность на Европейском Севере развивается быстрыми темпами. Преимуществами региона по сравнению со слабо освоенными нефтегазоносными районами Восточной Сибири являются:

- высокая степень изученности нефтегазоносных площадей,
- их достаточно компактное размещение,
- близость к европейским рынкам сбыта.

Результаты геокриологических исследований в 2007 г. подтвердили, что на Арктическом побережье, пока не затронутом антропогенезом (где расположен стационар «Мыс Болванский»), состояние мерзлых толщ остается ста-

бильным в отличие от интенсивно осваиваемых южных районов криолитозоны Европейского Севера, где за последние десятилетия произошло повышение средней температуры ММП, частичное оттаивание мерзлоты сверху и сокращение площади островов мерзлых пород.

Расширение масштабов техногенного воздействия будет неблагоприятно сказываться на геокриологической обстановке всего региона, поэтому следует сохранять существующий почвенно-растительный слой, гидрологическую обстановку, условия снегонакопления, проводить детальные и регулярные исследования динамики геокриологических условий и процессов.



Положение кровли мерзлоты по сейсморазведочным данным на мелководье Печорской губы