

*100-летию со дня рождения
академика П.И.Мельникова посвящается*

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

КРИОГЕННЫЕ РЕСУРСЫ ПОЛЯРНЫХ И ГОРНЫХ РЕГИОНОВ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНЖЕНЕРНОГО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ

21-24 апреля 2008 г.
г. Тюмень

Организаторы и спонсоры конференции

Научный совет по криологии Земли РАН
Международная ассоциация по мерзлотоведению
Институт криосферы земли СО РАН
Тюменский государственный нефтегазовый университет
НПО «Фундаментстройаркос»
ФГУП «Фундаментпроект»
ЗАО «Сибпромкомплект»
АНО «Губернская академия»

Оргкомитет

Мельников В.П., академик РАН (директор ИКЗ СО РАН) – председатель
Карнаухов Н.Н., д.т.н., профессор (ректор ТюмГНГУ) – зам. председателя,
Долгих Г.М., к.т.н. (генеральный директор НПО «Фундаментстройаркос») - зам. Председателя

Члены Оргкомитета

Браун Дж. - Президент Международной Ассоциации по мерзлотоведению (США),
Хуббуртен Х. - Директор Института полярных исследований им. А. Вагенера (Германия), Минкин
М.А., профессор д.г.-м.н (ФГУП «Фундаментпроект»),
Баулин В.В. профессор, д.г.-м.н (Геологический ф-т МГУ),
Гречишев С.Е. профессор, д.г.-м.н С.Е. (ФГУП «Фундаментпроект»),
Дроздов Д.С., д.г.-м.н. (ИКЗ СО РАН),
Конищев В.Н., профессор, д.г.н. (Географический ф-т МГУ)
Ковенский И.М, профессор (ТюмГНГУ),
Романовский Н.Н профессор, д.г.-м.н (Геологический ф-т МГУ),
Романовский В.Е. профессор, (Университет Аляска),
Перльштейн Г.З., профессор, д.г.-м.н. (ИГЭ РАН),
Хрусталев Л.Н. профессор, д.т.н. (Геологический ф-т МГУ),
Чжан Р.В. д.т.н. (ИМЗ СО РАН им. П.И. Мельникова),
Шестернев Д.М., д.т.н. (ИПРЭК СО РАН),
Нестеров А.Н., д.х.н. (ИКЗ СО РАН).

Редакционный комитет

Минкин М.А. проф. (ФГУП «Фундаментпроект»); Долгих Г.М., к.т.н. (НПО «Фундаментстройаркос»);
Акагава С. проф. (университет г. Хоккайдо, Япония);
Дроздов Д.С., д.г.-м.н. (ИКЗ СО РАН); Дж. Браун, Президент Международной Ассоциации по
мерзлотоведению, Романовский Н.Н. проф. (Геологический ф-т МГУ),
Хуббуртен Х., директор Института полярных исследований им. А. Вагенера,
Шестернев Д.М, д.г.-м.н. (ИПРЭК СО РАН); Нестеров А.Н., д.х.н. (ИКЗ СО РАН),
Гречишев С.Е. проф. (ФГУП «Фундаментпроект»)

Секция 1.

**СОВРЕМЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ**

Соруководители: Долгих Г.М., Минкин М.А.

Секция 2.

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ,
ИЗЫСКАНИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ**

Соруководители: Дроздов Д.С., Ривкин Ф.М.

Секция 3.

**ТЕРМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ
(МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗ)**

Руководитель: Железняк М.Н.

Секция 4.

ШЕЛЬФЫ И ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛЯРНЫХ МОРЕЙ

Соруководители: Романовский Н.Н., Хуббертен Х.

Секция 5.

КРИОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ

Руководитель: Шестернев Д.М.

Секция 6.

КРИОГЕННЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

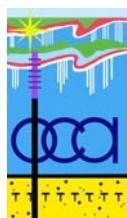
Соруководители: Гречищев С.Е., Нестеров А.Н.

Секция 7.

**ЭКОЛОГИЯ ВЫСОКОШИРОТНЫХ И ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЬ ЧЕЛОВЕКА**

Руководитель: Суховей Ю.Г.

**В рамках конференции состоится IV Международная научно-практическая
конференция «Стеллеровские чтения»**



*Dedicated to 100-year anniversary of
Academician P.I. Melnikov*

THE INTERNATIONAL CONFERENCE

CRYOGENIC RESOURCES OF POLAR AND ALPINE REGIONS. STATE AND OUTLOOK OF ENGINEERING GEOCRYOLOGY

21-24 of April, 2008.
Tyumen

Conference Organizers and Sponsors

Scientific Council on Earth Cryology, Russian Academy of Sciences
International Permafrost Association
Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Tyumen State Oil & Gas University
Scientific production company “FundamentStroyArcos”
Institute “Fundamentproject”
CAS “Sibpromkomplekt”
IDistrict (Gubernskaya) Academy

Organization Committee

V. Melnikov - Academician, Scientific Council on Earth Cryology, Russian Academy of Sciences; Chairman
N. Karnaughov - Head, Tyumen State Oil and Gas University; Co-chairman
G. Dolgikh - Head, Scientific production company "FundamentStroyArcos"; Co-chairman

Organization Committee Members:

Organization Committee Members:
Dr. Jerry Brown (President, International Permafrost Association, USA); Dr. H.W. Hubberten (Director, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany); Dr. M. Minkin (Institute "Fundamentproject"); Prof. V. Baulin (Geological Faculty, Moscow State University); Dr. D. Gilichinsky (Institute of Physicochemical & Biological Problems in Soil Sciences, Russian Academy of Sciences); Prof. S. Grechischev (Institute "Fundamentproject"); Dr. D. Drozdov (Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch); Prof. V. Konischev (Geographical Faculty, Moscow State University); Prof. I. Kovenskii (Tyumen State Oil & Gas University); Prof. N. Romanovskii (Geological Faculty, Moscow State University); Prof. V. Romanovskii (University of Alaska); Prof. G. Perlstein (Institute of Geoecology, Russian Academy of Sciences); Prof. L. Khrustalev (Geological Faculty, Moscow State University); Dr. R. Chzhan (Institute of Earth Cryology, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch); Dr. D. Shesternev (Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch); Dr. A. Nesterov (Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch).

Work Committee:

Dr. M. Minkin (Institute “Fundamentproject”); Dr. G. Dolgikh (Head, Scientific production company “FundamentStroyArcos”); Prof. S. Akagava (Hokkaido University, Japan); Dr. D. Drozdov (Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch); Dr. Jerry Brown (President, International Permafrost Association, USA); Prof. N. Romanovskii (Geological Faculty, Moscow State University); Dr. H.W. Hubberten (Director, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany); Dr. D. Shesternev (Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch); Dr. A. Nesterov (Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch); Prof. S. Grechischev (Institute “Fundamentproject”).

TOPICAL SESSIONS

1. MODERN ENGINEERING APPROACHES AND CONSTRUCTION TECHNOLOGIES ON PERMAFROST

Co-chairmen: Dr. G. Dolgikh, Dr. M. Minkin

2. GIS-TECHNOLOGIES SUPPLYING OF INVESTIGATION, SURVEY AND BUILDING ON PERMAFROST

Chairman: Dr. D. Drozdov., Dr. F.Rivkin

3. THERMAL STATE OF PERMAFROST (MONITORING AND PROGNOSIS)

Chairman: Dr. M. Djeleznyk

4. SHELVES AND COASTS OF POLAR SEAS

Co-chairmen: Dr. N. Romanovskii, Dr. H.W. Hubberten.

5. CRYOGENIC SYSTEMS OF ALPINE REGIONS

Chairmen: Dr. D. Shesternev.

6. CRYOGENIC PHYSICOCHEMICAL AND MECHANICAL PROCESSES

Co-chairmen: Prof. S. Grechischev, Dr. A. Nesterov

7. ECOLOGY OF HIGH-LATITUDE AREAS AND ITS INFLUENCE ON HUMAN

Chairmen Dr. Yu. Sukhovei

The IV International Theoretical and Practical Conference “Readings from Stellerov” will be within the International Conference

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

П.И.МЕЛЬНИКОВ - ОСНОВАТЕЛЬ АКАДЕМИЧЕСКОГО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ В ЯКУТИИ	24
НОВЫЕ ДАННЫЕ О КРИОПЕГАХ ПОБЕРЕЖЬЯ БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЫ Баулин В.В., Булдович С.Н., Горшков Е.И., Сизых Е.М.	31
НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ Долгих Г. М., Окунев С. Н., Поденко Л. С., Феклистов В. Н.	34
ЗАВОДСКАЯ ТЕПЛОГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НЕФТИ И ГАЗА Размазин Г.	39
АКТУАЛЬНЫЕ И, ПО-ВИДИМОМУ, НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КРИОСФЕРЫ Суховей Ю. Г., Петров С. А.	41
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В КРИОЛИТОЗОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ГИС БОВАНЕНКОВСКОГО НГКМ) Черняков О.В., Староверов О.Н.	42
ОСОБЕННОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТРАССЫ СТРОЯЩЕЙСЯ НОВОЙ ЛИНИИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НАРЫН-ЛОГУКАН В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ Шестернев Д.М.	46
СОВРЕМЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ	
СНИЖЕНИЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АКТИВИЗАЦИИ КРИОГЕННОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ НА ЯМБУРГСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ Аблязина Д.И.	50
РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В СЕЗОННОДЕЙСТВУЮЩИХ ПАРОЖИДКОСТНЫХ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРАХ Аникин Г.В., Долгих Д.Г., Поденко Л.С.	52
ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА КАСПИЙСКОМ ШЕЛЬФЕ С УЧЕТОМ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕВЕРНОМ КАСПИИ Анисимов. Л.А.	55
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЕМКОСТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ОБЪЕМА ПУТЕМ ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ФОРМЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ Бабичев Д.А., Бабичев Д.А., Земенков Ю.Д., Левитин Р.Е.	56
УНИФИЦИРОВАННЫЙ ФУНДАМЕНТ ТУРБОАГРЕГАТА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КРИОЛИТОЗОНЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИОГЕННОГО РЕСУРСА ТЕРРИТОРИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА "МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ ГАЗА БОВАНЕНКОВО-УХТА" Бережной М.А., Дуденко И.А., Попов А.П., Рябов В.А.	59
МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕПЛОВОГО ВЛИЯНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА МЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ Васькевич А.В., Паньшин А.Е.	64
ОХЛАЖДАЕМЫЕ ГРУНТОВЫЕ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ПОД РЕЗЕРВУАРЫ НА ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ Вельчев С.П., Сизиков Л.В.	67

СОДЕРЖАНИЕ

ВОЗДЕЙСТВИЕ НАЛЕДЕЙ НА ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ		
	<i>Верхотуров А.Г.</i>	69
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ В ПОСЕЛКЕ НОВЫЙ ДУКАТ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ		
	<i>Власов В.П.</i>	71
ПРОГНОЗ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ В РАЙОНАХ ПРЕРЫВИСТОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ		
	<i>Ворошилина И.Н., Самсонова В.В., Марамыгина М.С.</i>	74
ФОРМИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМБУРГСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ		
	<i>Гребенец В.И., Павлунин В.Б.</i>	76
ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ ДОРОГ В СЕВЕРНОЙ ЯКУТИИ		
	<i>Гуков А.Ю., Стручкова О.Н., Вишневский А.Н., Иолич М.Е., Фукалов П.Д.</i>	79
К РАСЧЕТУ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРЕБРЕНИЯ ПАРОЖИДКОСТНЫХ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ		
	<i>Долгих Д.Г., Аникин Г.В., Феклистов В.Н.</i>	81
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗНАЧИМЫХ РЕСУРСОВ АТМОСФЕРНОГО ХОЛОДА ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ		
	<i>Долгушина Е. В., Самсонова В. В.</i>	82
ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ ГАЗОПРОВОДОВ-ШЛЕЙФОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕПУСКА ГАЗА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЖЕКТОРА		
	<i>Зайцев А.С. , Трясцин Р.А.</i>	86
ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ УСТЬЕВ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН		
	<i>Захарова В. Н., Чирко Д. М.</i>	88
ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ		
	<i>Иванов В.А., Соколов С.М., Берг В.И., Михаленко Е.С.</i>	94
РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ВОКРУГ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ		
	<i>Калиева Д.К. , Даниэлян Ю.С.</i>	95
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ТЕЛЕ ПОДЗЕМНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ		
	<i>Капитальчук Т.Г., Бачериков А.С., Земенков Ю.Д., Панфилова Е.Б.</i>	99
ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ		
	<i>Комаровских Ю.Д., Долгушина Е.В.</i>	102
ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА НОВЫХ ПРОТИВОПУЧИННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ		
	<i>Кондратьев В.Г., Дашинимаев З.Б.</i>	105
ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СВОЙСТВА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ		
	<i>Кочурова В.В.</i>	109
АНОМАЛЬНЫЕ ГОЛУБЫЕ ОЗЕРА И ПОДЗЕМНЫЕ ЛЬДЫ БОВАНЕНКОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ		
	<i>Крицук Л.Н.</i>	111
ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НАСЫПИ НА ОТТАИВАЮЩИХ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ		
	<i>Кудрявцев С.А. , Вальцева Т.Ю. , Берестяный Ю.Б.</i>	113
ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕРХНЕГО ГОРИЗОНТА МЕРЗЛЫХ ТОЛЩ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА РАЗВЕДОЧНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН		
	<i>Кузнецова И.Л., Иванова Н.В., Ривкин Ф.М.</i>	116
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУР ЗАМЕРЗАНИЯ И ФАЗОВОГО СОСТАВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОРОД		
	<i>Кулиши Е.М. , Минкин М.А. , Ривкин Ф.М. , Комаров И.А.</i>	120

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОР ТРУБОПРОВОДОВ ОБВЯЗКИ ГАЗОВЫХ И НЕФТЯНЫХ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ		
	<i>Кутвицкая Н.Б., Рязанов А.В., Дацков А.Г.</i>	122
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛУБИННЫХ СЕЗОННОДЕЙСТВУЮЩИХ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ		
	<i>Марамыгина М.С., Долгих Г.М., Окунев С.Н.</i>	126
МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЕВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБСАДНЫХ КОЛОННАХ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН В КРИОЛИТОЗОНЕ		
	<i>Маслов А.Д., Маслов Д.А.</i>	130
К ВОПРОСУ ВЫБОРА ХЛАДАГЕНТОВ ДЛЯ СОУ		
	<i>Мельникова Е.А., Окунев С.Н.</i>	131
ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЙ ПОД АВТОЗИМНИКИ НА БОЛОТАХ		
	<i>Мерданов Ш.М., Иванов А.А., Шакмаков А.Ф.</i>	134
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬДОГРУНТОВЫХ НАСЫПЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА КОНДИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ		
	<i>Милованов С.В., Рябов В.А.</i>	137
ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ ПРИ ПРОКЛАДКЕ НЕФТЕПРОВОДОВ «ВСТО» И «ВАНКОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ – НПС ПУРПЕ»		
	<i>Окунев С. Н., Сизиков Л. В., Захарова В. Н.</i>	139
О ДЕЙСТВИИ ПРОВЕТРИВАЕМЫХ ПОДПОЛИЙ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА		
	<i>Перльштейн Г.З.</i>	144
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОБЪЕКТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ		
	<i>Пить В.И., Феклистов В.Н.</i>	146
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СОУ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ В ООО НПО «ФУНДАМЕНТСТРОЙАРКОС»		
	<i>Плеханов С.В., Вельчев С.П., Лукашин А.Ю.</i>	148
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЧИСЛЕННОГО ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТОВ “ОБУСТРОЙСТВО ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЗАПОЛЯРНОГО НГКМ И БОВАНЕНКОВСКОГО НГКМ”)		
	<i>Рябов В.А., Попов А.П.</i>	151
ТИПИЗАЦИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРУБОПРОВОДОВ		
	<i>Самсонова В.В., Манухин Б.А., Попов А.П., Дручинин О.Е.</i>	154
ГИПРОТЮМЕННЕФТЕГАЗ И ОБУСТРОЙСТВО НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ БОЛОТ И ВЕЧНОМЁРЗЛЫХ ГРУНТОВ		
	<i>Соколов С.М., Горбатиков В.А., Биндер О.Л., Даниэлян Ю.С., Щербинин И.А.</i>	157
МЕТОД СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ ПРОТЯЖКИ ТРУБОПРОВОДА В СКВАЖИНУ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ		
	<i>Степанов О.С.</i>	158
ЧИСЛЕННЫЙ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ С ОГРАНИЧЕННЫМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ		
	<i>Туголуков Р.А., Рябов В.А.</i>	159
СПОСОБ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ УСТЬЕВОЙ ЗОНЫ КУСТОВЫХ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ УСТЬЯМИ		
	<i>Усачев А.А., Попов А.П., Павлов А.И.</i>	162
ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТИПА ГЕТ ДЛЯ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ		
	<i>Феклистов В.Н., Долгих Д.Г., Окунев С.Н., Паздерин Д.С.</i>	165

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ В НОРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Хоменко И.А., Гребенец В.И., Ухова Ю.А., Керимов А.Г. 168

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ С ВЕЧНОМЁРЗЛЫМИ ПОРОДАМИ

Шевелёва Д.В. 171

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ ГАЗА В ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНАХ

Шиповалов А.Н., Земенков Ю.Д., Земенкова М.Ю. 174

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ, ИЗЫСКАНИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ

МЕРЗЛОТНЫЕ ЛАНДШАФТЫ И МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА г. ЯКУТСКА

Ботулу Т.А. 177

РАДИОВОЛНОВОЙ МОНИТОРИНГ СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ И ПРОМЕРЗАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОГО ГРУНТА

Ефремов В.Н. 179

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ГЕОСИСТЕМ ПОЛОСЫ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА НАДЫМ-ПУНГА

Казанцева Л.А., Пономарёва О.Е., Опокина О.Л. 182

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЯЗИ ПАЛИНОСПЕКТРОВ И КЛИМАТА

Коновалов А.А., Иванов С.Н. 186

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ТЕРМОКАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ В ТЕПЛОВОМ ПОЛЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Корниенко С.Г. 189

МОНИТОРИНГ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ И ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ В ПОЛОСЕ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА НАДЫМ-ПУНГА

Москаленко Н.Г., Казанцева Л.А., Матышак Г.В., Орехов П.Т., Пономарева О.Е., Устинова Е.В. 192
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРФОЛИТОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА ГАЗОПРОВОДА ЧЕРЕЗ БАЙДАРАЦКУЮ ГУБУ КАРСКОГО МОРЯ

Носков А.И., Камалов А.М., Огородов С.А. 195

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВТОРНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА НАДЫМ-ПУНГА

Устинова Е.В. 199

ТЕРМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ (МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗ)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ВЫСОТЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОЧВОГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Анохин Ю.А., Шерстюков А.Б. 203

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ВЕЧНУЮ МЕРЗЛОТУ

Аржанов М.М., Демченко П.Ф., Елисеев А.В., Мохов И.И. 205

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ 2001-2002 ГОДОВ НА КРИОЛИТОЗОНУ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Варламов С.П., Скрябин П.Н. 209

ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕРЗЛЫХ ПОРОД ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Васильев А.А., Дроздов Д.С., Москаленко Н.Г. 212

ВЫСОТНЫЕ ПОЯСА ГОР ЯКУТИИ И ИХ КЛИМАТИЧЕСКИЕ И МЕРЗЛОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Васильев И.С. 215

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА (ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА) НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ЯКУТИИ

Гаврилова М.К. 217

СОДЕРЖАНИЕ

ДИНАМИКА ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ ПОРОД ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА ЯКУТИИ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ Гаврильев П.П., Угаров И.С.	220
<hr/>	
РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ПОЧВЕННОГО СЛОЯ НА ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ МЁРЗЛЫХ ПОРОД В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ ГОДА Гаврильев Р.И., Шипицина Л.И.	223
<hr/>	
МЕЖГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СТРОЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ Голубев В.Н., Петрушина М.Н., Фролов Д.М.	226
<hr/>	
МЕРЗЛОТНО-ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭЛЬКОНСКОГО ГОРСТА Дорофеев И.В., Железняк М.Н., Митин Ф.В.	230
<hr/>	
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЛЬДА ОЗЕРА БАЙКАЛ Дучков А.Д., Казанцев С.А., Истомин В.Е.	232
<hr/>	
ДИНАМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ Израэль Ю.А., Анохин Ю.А., Шерстюков А.Б., Мяч Л.Т., Колесниченко Р.А.	235
<hr/>	
АППАРАТУРА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ И ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕРЗЛЫХ И ТАЛЫХ ПОРОД Казанцев С.А., Дучков А.Д.	236
<hr/>	
ТЕРМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ В ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ Ка��унов Н.Б., Сулимова Е.И.	239
<hr/>	
ОСОБЕННОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Коркин С.Е.	243
<hr/>	
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВЕРХНЕЙ КРОВЛИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Курчатова А.Н., Бойцов А.В., Дуденко И.А., Осокин А.Б., Смолов Г.К.	245
<hr/>	
ТЕРМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ПЕЧОРО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА: ИССЛЕДОВАНИЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПОЛЯРНОГО ГОДА Оберман Н.Г., Цыганов А.О.	249
<hr/>	
ЛАНДШАФТНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГРУНТОВ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Орехов П.Т.	252
<hr/>	
РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КРИОЛИТОЗОНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ Осадчая Г.Г.	255
<hr/>	
СОВРЕМЕННАЯ МЕРЗЛОТА ЮЖНОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ Осадчий В.В., Осадчая Г.Г.	258
<hr/>	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ПРОМЕРЗАНИЕ ГРУНТА ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ Осокин Н.И., Сосновский А.В.	260
<hr/>	
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В 1965-2005 ГОДАХ НА СЕВЕРЕ РОССИИ И ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ Павлов А.В., Малкова Г.В.	263
<hr/>	
АНАЛИЗ ДАННЫХ ТЕМПЕРАТУРНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОХЛАЖДАЕМЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ Поденко Л.С., Феклистов В.Н.	267
<hr/>	
ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАЦИОНАР ДИОНИСИЯ (ЧУКОТКА): РЕЗУЛЬТАТЫ 20-ЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ И СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ ГРУНТОВ Рузанов В.Т.	269
<hr/>	
ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЯКУТИИ Скачков Ю.Б.	271

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГРУНТОВ ПРИ НАРУШЕНИИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Скрябин П.Н. 275

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ СО₂ В КРИОЛИТОЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Соколова Л.С., Дучков А.Д., Аюнов Д.Е., Пермяков М.Е. 277

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ТЕРМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ СУБАРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ ПРИ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Судаков И.А., Бобылев Л.П., Береснев С.А. 281

ОСОБЕННОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ р. ЩУЧЬЯ НА ЮГЕ ЯМАЛА

Титков С.Н., Гребенец В.И., Сахаров А.А. 283

ДИНАМИКА СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИОЛИТОЗОНЫ ПРИМОРСКИХ НИЗМЕННОСТЕЙ ЯКУТИИ В КОНЦЕ ХХ-ГО И НАЧАЛЕ ХХI-ГО ВЕКОВ

Холодов А.Л., Железняк М.Н., Гиличинский Д.А., Григорьев М.Н., Русаков В., Абрамов А.А., Краев Г.Н., Романовский В.Е. 286

ШЕЛЬФЫ И ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛЯРНЫХ МОРЕЙ

ПРИЗНАКИ ЛОКАЛЬНЫХ ЛЕДНИКОВ В ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ АРКТИКЕ

Гаврилов А.В., Романовский Н.Н. 288

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА СЕМЕНОВСКОГО МЕЛКОВОДЬЯ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ)

Дударев О.В., Чаркин А.Н., Семилетов И.П., Уткин И.В. 291

РЕЛЬЕФ ДНА БАЙДАРАЦКОЙ И ОБСКОЙ ГУБ КАРСКОГО МОРИЯ

Ермолов А.А., Носков А.И., Бирюков В.Ю., Огородов С.А. 293

МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ И КАРСТ В МЕЗЕНСКОЙ ТУНДРЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Игловский С.А. 295

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ПОЛЯРНЫХ ШАПОК НА МАРСЕ

Исаев В.С., Абраменко О.Н. 298

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НИЗКИХ АККУМУЛЯТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОБЕРЕЖЬЯ КАРСКОГО МОРИЯ

Копытов И.В., 303

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКОВ СО₂ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БЕРЕГОВОГО ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА

Космач Д.А., Дударев О.В., Семилетов И.П., Спивак Э.А. 305

ОТРАЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА В КРИОГЕННОМ СТРОЕНИИ ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА БЫКОВСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Лисицына О.М. 308

ИЗУЧЕНИЕ ТАЛИКОВ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ПЕЧОРСКОЙ ГУБЫ С ПОМОЩЬЮ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Малкова Г.В., Скворцов А.Г., Садуртдинов М.Р., Царев А.М. 311

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЛЕДОВ ПРОМЕРЗАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ДНЕ БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЫ

Опокина О.Л., Слагода Е.А., Зеграчёв А.В., Хомутов А.В. 314

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕНОСА РАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В ГРУНТАХ ПОЛОСЫ СМЕРЗАНИЯ ПРИПАЙНОГО ЛЬДА С ДНОМ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРИЯ

Остроумов В.Е. 317

НЕОДНОРОДНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОД В СИСТЕМЕ РЕКА ЛЕНА - МОРЕ ЛАПТЕВЫХ

Пипко И.И., Пугач С.П., Дударев О.В., Семилетов И.П. 318

ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА СО₂ В СИСТЕМЕ ОКЕАН-АТМОСФЕРА НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРИЯ

Пугач С.П., Пипко И.И., Семилетов И.П. 321

РОЛЬ МЕРЗЛОТЫ В ДИНАМИКЕ БЕРЕГОВ ВОСТОЧНЫХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Разумов С.О. 324

СОДЕРЖАНИЕ

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ЗАПАДНОГО ЯМАЛА В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ		
	<i>Романенко Ф.А., Гаранкина Е.В., Олюнина О.С.</i>	327
ОЛЕДЕНЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ ПОБЕРЕЖЬЯ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ (ЗАЛИВ БУОР-ХАЯ И ДЕЛЬТА Р. ЛЕНЫ)		
	<i>Спектор В.Б., Спектор В.В.</i>	330
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМОЭРОЗИОННО-ПЕЩЕРНЫХ ЛЬДОВ И ОТЛОЖЕНИЙ		
	<i>Тумской В.Е.</i>	333
ПОТОКИ ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ПРИУСТЬЕВЫХ ЗОНАХ ПРИ ПОДЛЕДНОМ РЕЖИМЕ СЕДИМЕНТАЦИИ		
	<i>Уткин И.В., Дударев О.В., Чаркин А.Н.</i>	335
ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ ФАКТОРОВ НА БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ (ПОБЕРЕЖЬЕ ЮГОРСКОГО ПОЛУОСТРОВА)		
	<i>Хомутов А.В., Лейбман М.О.</i>	336
АЙОНСКИЙ ЛЕДЯНОЙ МАССИВ КАК ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦИИ СРЕДЫ ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ НА ПРИКОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ		
	<i>Чаркин А.Н., Дударев О.В., Семилетов И.П., Уткин И.В.</i>	339
АТМОСФЕРНАЯ ЭМИССИЯ МЕТАНА И ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА, ДРУГИЕ ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРСКОГО ЦИКЛА УГЛЕРОДА В ШЕЛЬФОВЫХ МОРЯХ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ		
	<i>Шахова Н.Е., Семилетов И.П., Пипко И.И., Салюк А.Н., Космач Д.</i>	340
КРИОЛИТОГЕНЕЗ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ЕГО ОСВОЕНИИ		
	<i>Штолянская Н.А.</i>	344
КРИОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ		
МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА МАССИВА МОНГУН-ТАЙГА (ЮГО-ЗАПАДНАЯ ТУВА) И ЕЕ ДИНАМИКА		
	<i>Ганюшкин Д.А.</i>	346
КРИОГЕННЫЕ УСЛОВИЯ, ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССЫ В РАЙОНЕ СОЗДАНИЯ ОЛИМПИЙСКОГО КОМПЛЕКСА (КРАСНАЯ ПОЛЯНА)		
	<i>Дручина О.Е., Мельников В.П., Самсонова В.В., Сморыгин О.Г., Устинова Е.В.</i>	349
ОСОБЕННОСТИ КРИОГЕННОГО РЕЛЬЕФА В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ		
	<i>Иванов М.Н., Земскова А.М.</i>	351
ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ г. ЧИТЫ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА		
	<i>Климовский И.В., Шестернев Д.Д., Чупрова А.А.</i>	354
ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГРУНТОВО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОЙМЕННЫХ ТАЛИКАХ		
	<i>Михайлов В.М.</i>	356
ОСОБЕННОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КАЗАХСТАНСКОГО АЛТАЯ		
	<i>Северский Э.В..</i>	359
ВЫСОКОГОРНЫЕ ЛЕДНИКИ КАК ИСТОЧНИКИ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ АЛТАЯ)		
	<i>Фролова Н.С.</i>	362
О ВЛИЯНИИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОРОД КРИОЛИТОЗЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ		
	<i>Чупрова А.А., Шестернев Д.М.</i>	365
СПЕЦИФИКА КРИОГЕННЫХ УСЛОВИЙ В ГОРАХ СИБИРИ В СВЕТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ И МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ		
	<i>Шейнкман В.С., Антипов А.Н., Данько Л. В.</i>	367
КРИОГЕННЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ		
ПРИЧИНЫ АКТИВИЗАЦИИ И МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РУЧЕЙКОВОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТУНДР		
	<i>Баранов А.В. , Григорьев В.Я.. , Унанян К.Л.</i>	371

СОДЕРЖАНИЕ

ФОРМИРОВАНИЕ ИНЬЕКЦИОННЫХ ПЛАСТОВЫХ ЛЬДОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ТЕРМОКАРСТОВОЕ РАЗРУШЕНИЕ МЕЖАЛАСНЫХ ЛАНДШАФТОВ	Бойцов А.В.	372
О СКОРОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОЭРОЗИИ И ТЕРМОКАРСТА ВДОЛЬ ВНУТРИПРОМЫСЛОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МЕДВЕЖЬЕ»	Босиков Н. П.	375
КЛАССИФИКАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	Великоцкий М.А., Марахтапов В.П.	378
ОБ ИНЬЕКЦИОННОМ МЕХАНИЗМЕ ЛЬДОНАКОПЛЕНИЯ ПРИ ПРОМЕРЗАНИИ ГРУНТОВ	Вольнова Е.А., Гребенец В.И.	380
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КРИОГЕННОГО ДАВЛЕНИЯ В ВОДОНЕНАСЫЩЕННЫХ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТАХ	Горелик Я.Б.	384
ВЛИЯНИЕ КРИОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ТИПЫ СТОКА В БАССЕЙНАХ РЕК ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯМАЛА (ПОЛИГОН «ВАСЬКИНЫ ДАЧИ»)	Гречищев С.Е., Павлов А.В., Гречищева О.В.	386
ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ МЕЖДУРЕЧЬЯ РЕК ТОУПУГОЛ И ХАЙМЕНШОР (ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН ПОЛЯРНОГО УРАЛА)	Губарьков А.А., Лейбман М.О.	390
КРИОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ НА АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ	Гусева Н. В.	393
МЕТОД РАСЧЕТА КРИВОЙ НЕЗАМЕРЗШЕЙ ВОДЫ ПО ПОТЕНЦИАЛУ ВЛАГИ	Ефремов П.В.	395
БИПОРИСТАЯ СРЕДА КАК МОДЕЛЬ МЕРЗЛОГО ГРУНТА	Истомин В.А., Чувилин Е.М., Махонина Н.А., Буханов Б.А.	398
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ПРОГНОЗА ТЕМПЕРАТУРНОГО И ИОННО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ЗАСОЛЕННЫХ ПОРОД И КРИОПЭГОВ	Колунин В.С., Колунин А.В., Писарев А.Д.	400
ОСОБЕННОСТИ КРИОГЕННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ МАРСА	Комаров И.А., Мироненко М.В., Пустовойт Г.П.	404
КРИОГЕННЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЗАСОЛЕНИЯ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ЯКУТИИ	Кондратьева К.А.	407
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЗАСОЛЕНИЯ МЕРЗЛЫХ ПОРОД ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ (НА ПРИМЕРЕ ХАРАСАВЭЙСКОГО И БОВАНЕНКОВСКОГО ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)	Конищев В.Н., Рогов В.В.	409
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРАТОНАСЫЩЕННЫХ СРЕД	Парёнкина О.Л.	411
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ ПОРОВОГО РАСТВОРА	Пермяков М.Е., Дучков А.Д., Манаков А.Ю., Казанцев С.А.	414
СВЯЗЬ НАУК О ЗЕМЛЕ С ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ И ВОПРОСЫ ПРАКТИКИ	Старостин Е.Г.	417
КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ РАЙОНА ТАРКО-САЛЕ	Телицын В.Л., Кузнецов А.В.	420
СРЕДНИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТИПОВ ПОЧВ НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВОВ	Черкасова Е.Н., Казбакова Х.Т., Пахомова А.С., Фадеев С.В., Сморыгин О.Г., Самсонова В.В., Брушков А.В.	422
ПОГРЕБЁННЫЕ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ КРИОГЕНЕЗА СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ	Якимов А.С.	425
Якишина И.А.	427	

ЭКОЛОГИЯ ВЫСОКОШИРОТНЫХ И ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЬ ЧЕЛОВЕКА

ВЛИЯНИЕ АЭРОКРИОТЕРАПИИ НА ПАРАМЕТРЫ КЛЕТОЧНОГО ЗВЕНА ИММУННОЙ СИСТЕМЫ

Акунеева Т.В., Суховей Ю.Г., Береснева Л.А., Унгер И.Г., Костоломова Е.Г., Орлова Т.В., Дроздов К.В. 429

ТЕХНОГЕНЕЗ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Алексеев С.В., Алексеева Л.П., Шмаров Г.П., Кононов А.М. 431

ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Арефьев С.П., Коновалов А.А. 434

ВЛИЯНИЕ АЭРОКРИОТЕРАПИИ НА ГУМОРАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ И ПАРАМЕТРЫ БИОХИМИЧЕСКОГО СТАТУСА ЛИЦ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ «ИММУННОГО ЗДОРОВЬЯ»

Береснева Л.А., Суховей Ю.Г., Унгер И.Г., Костоломова Е.Г., Орлова Т.В., Акунеева Т.В., Дроздов К.В.. 438

АЛИМЕНТАРНЫЙ ФАКТОР В ФОРМИРОВАНИИ ФЕНОМЕНА «ЧАСТОЙ ИНФЕКЦИОННО-ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ» У ПОДРОСТКОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Воробьев И.А. Орлова Т.В. 440

ТРАНСФОРМАЦИИ АДАПТАЦИОННЫХ ПЕРЕСТРОЕК ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ЧУКОТКИ ЗА ПЕРИОД ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ

Годовых Т.В. 443

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УСЛОВИЙ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ТУНДРАХ СЕВЕРА ЯКУТИИ

Губин С.В., Веремеева А.А. 445

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ ТЮМЕНСКОГО СЕВЕРА

Дедюсова С.Ю., Зотова Л.И. 447

ЛАНДШАФТНЫЕ УСЛОВИЯ И АНТРОПОГЕННАЯ НАРУШЕННОСТЬ УЧАСТКОВ ТРАСС ТРУБОПРОВОДОВ «ХОЛМОГОРЫ-КЛИН» И «НАДЫМ-ПУНГА»

Еланцев Е.В. 449

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА В ЗОНЕ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Иванова Т.И., Кузьмина Н.П., Петрова С.В., Дьячковский А.П., Чевычелов А.П. 452

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ РЕЛИКТОВЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД, В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШАХ

Калёнова Л.Ф., Фишер Т.А., Беседин И.М., Суховей Ю.Г., Брушков А.В., Мельников В.П. 455

ОСОБЕННОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК ЛИЦ С ВТОРИЧНОЙ ИММУННОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ НА КРИОВОЗДЕЙСТВИЕ (in vitro)

Костоломова Е.Г., Суховей Ю.Г., Унгер И.Г., Акунеева Т.В., Береснева Л.А., Дроздов К.В.. 457
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАХОРОНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В
ПЕРЕХОДНОМ СЛОЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Лупачев А.В., Губин С.В. 459

МИГРАЦИЯ ФТОРА В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Макаров В.Н. 460

ОТОБРАЖЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА МЕРЗЛОТНЫХ ОБЛАСТЕЙ РОССИИ В ПОЧВЕННЫХ БАНКАХ СЕМЯН

Максимович С.В. 464

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ ТЮМЕНСКОГО РЕГИОНА

Мамаева Н.Л., Петров С.А. Воробьев И.А. 466

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИИ

Мулюков Р.Р. 469

СОДЕРЖАНИЕ

ВЛИЯНИЕ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ДИНАМИКУ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА КУСТАРНИКОВ РОДА ИВА (SALIX) НА ЯМАЛЕ	<i>Николаев А.Н., Самсонова В.В.</i>	471
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДОТОКА С УЧЕТОМ СЕЗОННО – КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	<i>Пикинеров П.В.</i>	474
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	<i>Сергеева Н.Н.</i>	478
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТАЕЖНО-МЕРЗЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА "КРИСТАЛЛ"	<i>Собакин П.И., Захаров Е.С., Чевычелов А.П.</i>	480
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЛИКТОВЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ МЕРЗЛЫХ ПОЧВ И ЛЬДА НА ПРОЦЕССЫ РЕГУЛЯЦИИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАКРООРГАНИЗМОВ	<i>Субботин А.М., Трофимова Ю.Б., Брушков А.В., Суховей Ю.Г.</i>	483
КРИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ИЗОЛИРОВАННЫХ МОНОЦИТОВ НОВОРОЖДЕННЫХ		
<i>Суховей Ю.Г., Унгер И.Г., Костоломова Е.Г., Акунеева Т.В., Береснева Л.А., Дроздов К.В.</i>	486	
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГИПОТЕРМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИММУНОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ	<i>Фишер Т.А., Калёнова Л.Ф., Суховей Ю.Г., Беседин И.М.</i>	488
ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕНЕЗА НА РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ $^{137}\text{Cs}^*$	<i>Чевычелов А.П., Собакин П.И.</i>	491

CONTENTS

PLENARY REPORTS

P.I.MELNIKOV THE FOUNDER OF ACADEMICAL GECRYOLOGY IN YAKUTIA	24
NEW DATA ON THE COASTAL CRYOPEGES OF BAYDARATSKAYA BAY <i>Baulin V.V., Buldovich, S.N., Gorshkov E.I., Sizh E.M.</i>	31
RELIABILITY, EFFICIENCY AND CONTROLLABILITY OF THE SYSTEMS OF TEMPERATURE STABILIZATION OF A FROZEN GROUND OF THE BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS BASEMENTS <i>Dolgikh G.M., Okunev S.N., Podenko L.S., Feklistov V.N.</i>	34
PRODUCTION ASSEMBLY OF OIL AND GAS PIPELINE HEAT INSULATION <i>Razmazin G.</i>	39
ACTUAL AND, APPARENTLY, THE MOST PERSPECTIVE DIRECTIONS IN STUDYING OF HUMAN HEALTH IN NORTH CONDITION <i>Sukhovei Y.G., Petrov S.A.</i>	41
GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF DESIGN AND EXPLORATION WORKS IN CRYOLITHOZONE (BY THE EXAMPLE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF BOVANENKOVO GAS-OIL-CONDENSATE FIELD) <i>Chernyakov O.V., Staroverov O.N.</i>	42
FEATURES GEOCRIOLOGY OF CONDITIONS OF A LINE OF A BUILDED NEW LINE OF THE RAILWAY NARIN-LOGUCAN IN TRANSBAIKALIAN <i>Shesternev D.M.</i>	46
MODERN ENGINEERING APPROACHES AND CONSTRUCTION TECHNOLOGIES ON PERMAFROST	
DECREASING OF THE GEOTECHNICAL SAFETY CONNECTED WITH FROST HEAVE ON THE YAMBURG GAS-FIELD <i>Ablyazina D.I.</i>	50
THE CALCULATED MODEL OF HEAD AND MASS TRANSFER IN SEASONAL ACTED VAPOUR AND LIQUID THERMOSTABILIZERS <i>Anikin G.V., Dolgich D.G., Podenko L.S.</i>	52
OFFSHORE EXPLORATION ACTIVITY AND ICE CONDITION IN THE NORTH CASPIAN SEA <i>Anisimov L.A.</i>	55
THE IMPROVEMENT OF VARIABLE INTERNAL VOLUME RESERVOIR SAFETY BY INTENSE-DEFORMING CONDITIONS OF BUILDING ELEMENTS MONITORING AND EVALUATION <i>Babichev D.A., Zemenkov Yu.D., Levitin R.E.</i>	56
UNIFIED FOUNDATION OF A TURBINE UNIT FOR LINEAR GEOTECHNICAL GAS TRANSPORTATION SYSTEMS IN A PERMAFROST ZONE AND THE OUTLOOK FOR ITS CONSTRUCTION USING THE CRYOGENIC RESOURCES OF THE TERRITORY WHILE IMPLEMENTING THE PROJECT "MAIN GAS TRANSPORT BOVANENKOVO- UKHTA" <i>Berezhoi M.A., Dudenko I.A., Popov A.P., Ryabov V.A.</i>	59
TECHNIQUE OF THE ANALYSIS OF THERMAL INFLUENCE OF THE PILE BASES ON FROZEN SOIL <i>Vaskevich A.V., Panschin A.E.</i>	64
CONSTRUCTION OF COOLED BASEMENTS UNDER THE TANKS ON PERMAFROST USING THE SYSTEMS OF TEMPERATURE STABILIZATION <i>Vel'chev S.P., Sizikov L.V.</i>	67
ICEFIELDS IMPACT ON ENGINEERING OBJECTS <i>Verkhoturov A.G.</i>	69
GEOLOGICAL-ENGINEERING REASONS OF BUILDING DEFORMATION IN THE SETTLEMENT "NOVY DUKAT", MAGADAN REGION <i>Vlasov V.P.</i>	71
PROGNOSIS OF TECHNOGENIC IMPACT ON THE BUILDINGS BASEMENTS IN THE AREAS OF DISCRETE CRYOLITHOZONE <i>Voroshilina I.N., Samsonova V.V., Maramygina M.S.</i>	74

CONTENTS

FORMATION OF NATURAL-TECHNOGENIC GEOCRYOLOGICAL COMPLEXES ON THE YAMBURG GAS CONDENSATE FIELD	<i>Grebennets V.I. , Pavlunin V.B.</i>	76
EXPERIENCE OF ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL MONITORING OF GRAVEL ROADS OF NORTH YAKUTIA		
<i>Gukov A.Y., Struchkova O.N., Vischnevskiy A.N., Iolich M.E., Fukalov P.D.</i>		79
ON THE COMPUTATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF THE VAPOUR AND LIQUID THERMOSTABILIZERS RIBBING		
<i>Dolgich D.G. , Anikin G.V. ,Feklistov V.N.</i>		81
VARIABILITY OF SIGNIFICANT RESOURCES OF THE ATMOSPHERIC COLD FOR TEMPERATURE STABILIZATION GROUND		
<i>Dolgushina E.V. , Samsonova V.V.</i>		82
GAS PIPELINES INTERNAL SURFACE CLEANING TECHNOLOGY BASED ON THE INCREASING GAS VELOCITY USING THE INJECTOR UNIT		
<i>Zaytsev A.S. , Tryastsin R.A.</i>		86
TERMOSTABILIZATION OF OIL AND GAS WELLS MOUTHES		
<i>Zakharova V.N., Chirko D.M.</i>		88
THE INVESTIGATION OF WEST SIBERIAN PIPELINES HEAT INFLUENCE		
<i>Ivanov V.A. , Sokolov S.M. , Berg V.I. , Mikhalenko E.S.</i>		94
CALCULATION OF TEMPERATURE FIELDS AROUND THE BURIED OBJECTS OF A RANDOM SHAPE		
<i>Kalieva D.K. , Danielyan Yu.S.</i>		95
QUANTITATIVE ESTIMATION OF STRESS CHANGING WITHIN THE MAIN UNDERGROUND OIL-PIPELINES BASED ON THE RESULTS OF ELECTROMETRY		
<i>Kapital'chuk T.G., Bacherinov A.S., Zemenkov Yu.D., Panfilova E.B.</i>		99
THE EXPERIENCE OF THERMASTABILIZERS INDUSTRIAL APPLICATION		
<i>Komarovskikh Yu.D., Dolgushina E.V.</i>		102
EXPERIMENTAL CONTROL OF NEW ANTI-HEAVE MEASURES FOR CONTACT SYSTEM MASTS		
<i>Kondratiev V.G. , Dashinimaev Z.B.</i>		105
LOW TEMPERATURES EFFECT ON THE POLYMER PIPELINES		
<i>Kochurova V.V.</i>		109
THE ANOMALOUS BLUE LAKES AND GROUND ICE OF BOVANENKOVO GAS-CONDENSATE DEPOSIT (GCD)		
<i>Kritsuk L.N.</i>		111
RAILWAY EMBANKMENT DESIGN ON THAWING PERMAFROST SOILS		
<i>Kudryavtsev S.A. , Valtseva T.Y. , Berestyanay Y.B.</i>		113
PRINCIPALS OF OIL-AND-GAS PROVINCES CLASSIFICATION BASED ON COMPLEXITY OF PERMAFROST CONDITIONS OF UPPER LEVEL OF FROZEN MASSES, PERFORMED FOR CONSTRUCTION OF EXPLORATORY AND DEVELOPMENT WELLS		
<i>Kuznetsova I.L., Ivanova N.V., Rivkin F.M.</i>		116
PERFECTION OF NORMATIVE BASE FOR THE DEFINITION OF FREEZING TEMPERATURES AND PHASE STRUCTURE OF THE SALINIZED ROCKS		
<i>Kulish E.M. , Minkin M.A. , Rivkin F.M. , Komarov I.A.</i>		120
GAS AND OIL WELLS PIPELINES HOOKUP BEARINGS SUSTAINABILITY PROVISION IN THE PERMAFROST CONDITIONS		
<i>Kutvitskaya N.B., Ryazanov A.V., Daschkov A.G.</i>		123
EXPERIENCE OF DEEP SEASONALLY WORKING COOLING DEVICES APPLICATION		
<i>Maramygina M.S., Dolgikh G.M., Okunev S.N.</i>		126
THE AXIAL TENSIONS APPEARANCE MECHANISM WHILE DRILLING IN THE PERMAFROST CONDITIONS		
<i>Maslov A.D., Maslov D.A.</i>		130
THE PROBLEM OF COOLANTS CHOOSING FOR SEASOONALLY COOLING DEVICES (SCD)		
<i>Melnikova E.A., Okunev S.N.</i>		131
JUSTIFICATION OF SWAMP WINTER ROAD BEDDING PREPARATION DEVICE BASIC CHARACTERISTICS		
<i>Merdanov Sh.M., Ivanov A.A., Shakmakov A.F.</i>		134
OUTLOOKS OF THE ICE-GROUND EMBANKMENT USING IN CASE OF THE CONSTRUCTION MATERIAL LACK ON THE YAMAL PENINSULA		
<i>Milovanov S.V., Ryabov V.A.</i>		137

CONTENTS

GROUND TEMPERATURE STABILIZATION SYSTEMS' DESIGNING EXPERIENCE WHILE "EAST SIBERIA – PACIFIC OCEAN" AND "VANKOR FIELD – PURPE STATION" OIL PIPELINES' BUILDING	<i>Okunev S.N., Sizikov L.V., Zakharova V.N.</i>	139
CRAWL SPACE ACTING UNDER CLIMATE WARMING CONDITION	<i>Perlstein G.Z.</i>	144
THE EXPERIENCE OF THE ENGINEERING-GEOLOGICAL MONITORING ON THE OBJECTS WHERE THERMOSTABILIZERS ARE IN USE	<i>Pit' V.I., Feklistov V.N.</i>	146
THE TECHNOLOGY OF THE INDIVIDUAL SEASONALLY WORKING COOLING THERMOSTABILIZERS PRODUCING IN THE SPC "FUNDAMENTSTROIARKOS"	<i>Plekhanov S.V., Vel'chev S.P., Lukashin A.Yu.</i>	148
IMPROVEMENT OF NUMERICAL GEOCRYOLOGICAL FORECAST TECHNOLOGY FOR SOLVING PROBLEMS OF BASEMENT DESIGNING IN PERMAFROST AREA (BASED ON THE "INFRASTRUCTURE OF GAS-CONDENSATE DEPOSITS OF ZAPOLYARNOYE AND BOVANENKOVA GAS-CONDENSATE FIELDS" PROJECTS)	<i>Ryabov V.A., Popov A.P.</i>	151
TYPE ASSIGNMENT OF PERMAFROST CONDITIONS AND FORECAST MODELING FOR THE PIPELINE GEOTECHNICAL MONITORING SYSTEMS DESIGN	<i>Samsonova V.V. , Manukhin B.A. , Popov A.P. , Druchina O.E.</i>	154
GIPROTYUMENNEFTEGAZ OIL FIELDS DEVELOPING UNDER CONDITIONS OF SWAMPS AND PERMAFROST	<i>Sokolov S.M., Gorbatikov V.A., Binder O.L., Danielyan Yu.S., Shcherbinin I.A.</i>	157
ENERGY MINIMIZING METHOD OF PIPE INJECTION INTO THE WELL USING THE TECHNOLOGY OF SLANT-DIRECT WELLING	<i>Stepanov O.S.</i>	158
NUMERICAL PERMAFROST FORECAST AS A BASIS FOR DESIGNING OF STRUCTURES WITH LIMITED LIFE SPAN	<i>Tugolukov R.A., Ryabov V.A.</i>	159
METHOD OF ENGINEERING PROTECTION OF FOUNDATION BASES IN A WELLHEAD ZONE OF PRODUCTION WELL PADS FOR REDUCTION OF SPACING BETWEEN THE WELLHEADS	<i>Usachyov A.A., Popov A.P., Pavlov A.I.</i>	162
INVESTIGATION OF "NATURALLY WORKING TUBULAR SYSTEM" AS THE BASEMENTS THERMOSTABILIZER	<i>Feklistov V.N. , Dolgikh D.G. , Okunev S.N. , Pazderin D.S.</i>	165
BUILDING AND STRUCTURES DEFORMATIONS' DEVELOPMENT REASONS IN THE URBAN ZONE OF THE NORILSK REGION.	<i>Khomenko I.A. , Grebenets V.I. , Ukhova Yu.A. , Kerimov A.G.</i>	168
ON THE STUDYING OF THE HEAT-EXCHANGE IN THE SYSTEM "WELL – PERMAFROST"	<i>Sheveleva D.V.</i>	171
MODERN TECHNOLOGIES OF GAS TRANSPORT AND STORAGE OBJECTS RELIABILITY PROVISION IN THE POLAR CONDITIONS	<i>Shipovalov A.N. , Zemenkov Yu.D. , Zemenkova M.Yu.</i>	174
GIS-TECHNOLOGIES SUPPLYING OF INVESTIGATION, SURVEY AND BUILDING ON PERMAFROST		
PERMAFROST LANDSCAPES AND PERENNIALLY FROZEN GROUND OF YAKUTSK CITY	<i>Botulu T.A.</i>	177
RADIOWAVE MONITORING OF SEASONAL FREEZING AND THAVING OF AN ACTIVE LAYER OF PERMAFROST	<i>Efremov V.N.</i>	179
SPATIAL VARIABILITY OF GEOSYSTEM COMPONENTS ON A ROUTE OF THE NADYM-PUNGA GAS PIPELINE	<i>Kazantseva L.A., Ponomareva O.E., Opokina O.L.</i>	182
LAWS OF CONNECTION OF PALINOLOGICAL SPECTRA AND CLIMATE	<i>Konovalov A.A., Ivanov C.N.</i>	186

FEATURES OF THERMOKARST RISK FEATURES IN AN EARTH'S SURFACE THERMAL FIELD USING THE DATA REMOTE SENSING SOFTWARE	<i>Kornienko S.G.</i>	189
MONITORING PERMAFROST AND LANDSCAPE CONDITIONS IN THE ROUTE OF THE NADYM-PUNGA GAS PIPELINE	<i>Moskalenko N.G., Kazantzeva L.A., Matyshak G.V., Orekhov P.T., Ponomareva O.E., Ustinova E.V.</i>	192
GIS-TECHNOLOGIES APPLYING FOR THE INVESTIGATION OF BAYDARATSKAYA BAY (KARA SEA) COASTAL DYNAMICS	<i>Noskov A.I., Kamalov A.M., Ogorodov S.A.</i>	195
STUDYING OF GEOSYSTEM CHANGING ON THE ROUTE OF THE NADYM-PUNGA GAS PIPELINE BY CARTOGRAPHIC METHOD	<i>Ustinova E.V.</i>	199
THERMAL STATE OF PERMAFROST (MONITORING AND PROGNOSIS)		
QUANTITATIVE ESTIMATIONS OF THE IMPACT OF SURFACE AIR TEMPERATURE AND SNOW COVER DEPTH ON THE UPPER SOIL TEMPERATURE VARIATIONS IN RUSSIA	<i>Anokhin Yu. A., Sherstyukov A. B.</i>	203
MATHEMATICAL MODELLING OF CLIMATE CHANGE IMPACTS ON PERMAFROST	<i>Arzhanov M.M., Demchenko P.F., Eliseev A.V. and Mokhov I.I.</i>	205
THE INFLUENCE OF 2001-2002 FOREST FIRES ON PERMAFROST, CENTRAL YAKUTIA	<i>Varlamov S.P., Skryabin P.N.</i>	209
PERMAFROST TEMPERATURE CHANGES IN CONTEXT OF CLIMATE INFLUENCE (WEST SIBERIA)	<i>Vasiliev A.A., Drozdov D.S., Moskalenko N.G.</i>	212
THE ALTITUDINAL CLIMATIC ZONALITY OF YAKUTIAN MOUNTAINS AND THEIR CLIMATIC AND CRYOGENIC FEATURES	<i>Vasilyev I.S.</i>	215
CLIMATIC (AIR TEMPERATURE) CHANGE IN WEST SIBERIA AND YAKUTIA	<i>Gavrilova M.K.</i>	217
DYNAMICS OF THE ACTIVE LAYER ABOVE ICE-RICH PERMAFROST IN RESPONSE TO AGRICULTURAL LAND USE IN YAKUTIA	<i>Gavriliev P.P., Ugarov I.S.</i>	220
CALCULATING OF SNOW COVER AND ROOT LAYER IMPACT ON PERIODIC HEAT FLOW IN PERMAFROST IN THE COLD SEASON	<i>Gavriliev R. I., Shipitsina L. I.</i>	223
INTERANNUAL VARIATIONS OF CLIMATE CONDITIONS AND SNOW COVER STRATIGRAPHY IN RUSSIA	<i>Golubev V.N., Petrushina M.N., Frolov D.M.</i>	226
PERMAFROST THERMAL CONDITIONS IN THE ELKON HORST	<i>Dorofeev I.V., Zheleznyak M.N., Mitin F.V.</i>	230
RESULTS OF LAKE BAIKAL ICE TEMPERATURE CONDITIONS STUDYING	<i>Duchkov A.D. , Kazantsev S.A. , Istomin V.E.</i>	232
DYNAMICAL-STATISTICAL APPROACH TO PERSPECTIVE ESTIMATIONS OF THERMAL REGIME ON THE RUSSIAN FEDERATION PERMAFROST REGIONS	<i>Izrael Yu.A., Anokhin Yu.A., Sherstyukov A.B., Miach L.T., Kolesnichenko R.A.</i>	235
THE EQUIPMENT FOR TEMPERATURE MONITORING AND MEASUREMENT OF THERMAL PROPERTIES OF FROZEN AND THAWED ROCKS	<i>Kazantsev S.A., Duchkov A.D.</i>	236
THERMAL STATE OF PERMAFROST WITHIN THE PERIOD OF INSTRUMENTAL OBSERVATIONS FOR THE AIR TEMPERATURES IN THE EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA	<i>Kakunov N.B., Sulimova E.I.</i>	239
SOME FEATURES OF GEOCRYOLOGICAL PROCESSES IN THE CENTRAL PART OF WEST SIBERIA	<i>Korkin S.E.</i>	243
TEMPERATURES OF UPPER PERMAFROST IN NORTHERN WEST SIBERIA	<i>Kurchatova A.N., Boytsov A.V., Dudenko I.A., Osokin A.B., Smolov G.K.</i>	245
THERMAL STATE OF PERMAFROST OF THE PECHORA-URAL REGION: RESEARCH IN THE INTERNATIONAL POLAR YEAR CONTEXT	<i>Oberman N.G., Tsyganov A.O.</i>	249

CONTENTS

LANDSCAPE DIFFERENTIATION OF GROUND TEMPERATURE REGIME IN THE NORTHERN TAIGA OF WEST SIBERIA	<i>Orehov P.T.</i> 252
THE RESOURCE POTENTIAL OF THE CRYOLITHOZONE TIMAN-PECHORA OIL AND GAS AREA	<i>Osadchaya G.G.</i> 255
THE CONTEMPORARY SOUTHERN CRYOLITHOZONE PERMAFROST IN THE TIMAN-PECHORA OIL AND GAS AREA	<i>Osadchiy V.V. , Osadchaya G.G.</i> 258
ESTIMATION OF INFLUENCE OF SNOW COVER THERMAL RESISTANCE ON SOIL FREEZING DEPTH ON THE BASIS OF NATURAL MEASUREMENTS AND MODELLING CALCULATIONS	<i>Osokin N.I. Sosnovsky A.V.</i> 260
CONTEMPORARY CHANGES OF CLIMATE IN 1965-2005 IN NORTHERN RUSSIA AND GEOCRYOLOGICAL CONSEQUENCES	<i>Pavlov A.V., Malkova G.V.</i> 263
THE DATA ANALYSIS OF THE TEMPERATURE ENGINEERING-CRYOPEDOLOGICAL MONITORING THE COOLED BASES FROM GROUND	<i>Podenko L.S. , Feklistov V.N.</i> 267
“DIONISIYA” GEOCRYOLOGICAL STATION (CHUKOTKA PENINSULA): 20-YEARS TEMPERATURE AND ACTIVE LAYER MONITORING RESULTS	<i>Ruzanov V.T.</i> 269
RECENT VARIATIONS OF SNOW COVER PARAMETERS IN YAKUTIA	<i>Skachkov Yu.B.</i> 271
GROUND TEMPERATURE MONITORING UNDER THE ENVIRONMENTAL DISTURBANCE IN CENTRAL YAKUTIA IN THE COLD SEASON	<i>Skryabin P.N.</i> 275
ON THE OPPORTUNITY OF THE CO₂ STORAGE IN THE WEST SIBERIAN PERMAFROST	<i>Sokolova L.S., Duchkov A.D., Ajunov D.E., Permjakov M.E.</i> 277
SUBARCTIC CRYOLITHOZONE THERMAL STATE EVOLUTION UNDER THE GLOBAL CLIMATE CHENGE CONDITIONS	<i>Sudakov I.A. , Bobylev L.P. , Beresnev S.A.</i> 281
SOME GEOCRYOLOGICAL FEATURES OF RAILWAY BRIDGE AREA ACROSS THE SHCHUCH’YA RIVER, SOUTH YAMAL PENINSULA	<i>Titkov S.N. , Grebenets V.I. , Saharov A.A.</i> 283
YAKUTIAN SEASIDE LOWLANDS ANNUAL PERMAFROST TEMPERATURE DYNAMICS IN THE END OF XX – THE BEGINNING OF XXI CENTURY PERIOD	<i>Kholodov A.L. , Jeleznyak M.N. , Gilichinsky D.A. , Grigoriev M.N. , Rusakov V. , Abramov A.A. , Kraev G.N. , Romanovskii V.E.</i> 286
SHELVES AND COASTS OF POLAR SEAS	
INDICATIONS OF LOCAL GLACIERS IN EAST-SIBERIAN ARCTIC	<i>Gavrilov A.V., Romanovsky N.N.</i> 288
RELIEF CHANGE DYNAMICS OF THE SEMYONOV SHOAL (LAPTEVS’ SEA SOUTH-EAST)	<i>Dudarev O.V. , Charkin A.N. , Semirlov I.P. , Utkin I.V.</i> 291
THE BOTTOM TOPOGRAPHY OF THE BAYDARATSKAYA AND OBSKAYA BAYS OF THE KARA SEA	<i>Ermolov A.A. , Noskov A.I. , Birukov V.Yu. , Ogorodov S.A.</i> 293
PERMAFROST AND KARST IN MEZENSKAJA TUNDRA (ARKHANGELSK REGION)	<i>Iglovsky S.A.</i> 295
THE DYNAMIC OF EVOLUTION OF POLAR CAPS ON MARS	<i>Isaev V., Abramenco O.</i> 298
GEOECOLOGICAL FEATURES OF KARA SEA COASTAL ACCUMULATIVE LOWLANDS	<i>Kopytov I.V.</i> 303
FORMATION OF CARBON DIOXIDE FLUXES IN THE AREAS OF THE COASTAL ICE COMPLEX DISTRIBUTION	<i>Kosmach D.A. , Dudarev O.V. , Semiletov I.P., Spivak E.A.</i> 305
CLIMAT CHANGING FLUCTUATIONS REFLECTION IN THE CRYOGENIC STRUCTURE OF BYKOVSKY PENINSULA ICE COMPLEX	<i>Lisitsyna O.M.</i> 308

CONTENTS

STUDY OF TALIKS ON THE PECHORA ESTUARY COAST USING SEISMIC PROSPECTING <i>Malkova G.V., Skvortsov A.G., Sadurtdinov M.R., Tsarev A.M.</i>	311
CONCERNING THE DETERMINATION OF SEDIMENTS' FREEZING SIGNS AT THE BOTTOM OF BAIDARATA BAY <i>Opokina O.L., Slagoda E.A., Zegrachev A.V., Khomutov A.V.</i>	
SOLUBLE SALT TRANSFER IN GROUNDS OF THE BAND OF ADFREEZING OF ICE TO BOTTOM AT THE COAST OF EAST SIBERIAN SEA <i>Ostroumov V.</i>	
WATER CARBONATE PARAMETER DISTRIBUTION INHOMOGENEITY IN THE "LENA RIVER – LAPTEV SEA" SYSTEM <i>Pipko I.I., Pugach S.P., Dudarev O.V., Semiletov I.P.</i>	
CO₂ EXCHANGE DYNAMICS IN THE "OCEAN-ATHMOSPHERE" SYSTEM ON THE EAST-SIBERIAN SHELF <i>Pugach S.P., Pipko I.I., Semiletov I.P.</i>	
ROLE OF THE PERMAFROST IN THE COASTAL DYNAMICS OF EAST ARCTIC SEAS <i>Razumov S.O.</i>	
DEVELOPMENT OF THE RELIEF OF WESTERN YAMAL PENINSULA IN LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE <i>Romanenko F.A., Garankina E.V., Olyunina O.S.</i>	
GLACIATIONS AND CRYOLITHOZONE EVOLUTION OF THE LAPTEV SEA COAST (GULF BUOR-KHAYA AND LENA RIVER DELTA) <i>Spektor V.B., Spektor V.V.</i>	
THERMOEROSIONAL CAVE ICES AND DEPOSITS' FORMATION CONFORMITIES <i>Tumskoi V.E.</i>	
FLUXES OF THE SEDIMENTARY MATERIAL WITHIN THE NEAR-MOUTH ZONES UNDER CONDITIONS OF THE UNDER-SEA REGIME OF SEDIMENTATION <i>Utkin I.V., Dudarev O.V., Charkin A.N.</i>	
LANDSCAPE PATTERN IMPACT ON THE COASTAL PROCESSES ON YUGORSKY PENINSULA COAST <i>Khomutov A.V., Leibman M.O.</i>	
THE AYON ICE MASSIF AS A FACTOR OF SEDIMENT-FORMING ENVIRONMENTAL TRANSFORMATIONS ON THE NEAR-CONTINENTAL SHELF OF THE EAST-SIBERIAN SEA <i>Charkin A.N., Dudarev O.V., Semirrtov I.P., Utkin I.V.</i>	
METHANE AND CARBON DIOXIDE EMISSION AND OTHER FEATURES OF MARINE CARBON CYCLE IN THE EAST-ARCTIC SHELF SEAS <i>Shakhova N.E., Semiletov I.P., Pipko I.I., Salyuk A.N., Kosmach D.A.</i>	
CRYOLITHOGENESIS ON THE ARCTIC SHELF AS A BASE FOR THE GEOLOGICAL ENGINEERING DECISIONS AT ITS DEVELOPMENT <i>Shpolyanskaya N.A.</i>	

CRYOGENIC SYSTEMS OF ALPINE REGIONS

PERMAFROST OF MONGUN-TAIGA MOUNTAIN MASSIF (SOUTH-WEST TUVA) AND ITS DYNAMICS <i>Ganushkin D. A.</i>	
CRYOGENIC CONDITIONS, FEATURES AND PROCESSES IN AREA OF OLYMPIC COMPLEX 2014 (KRASNAYA POLYANA) <i>Druchina O.E., Melnikov V.P., Samsonova V.V., Smorygin O.G., Ustinova E.V.</i>	
SPECIFICS OF CRYOGENIC RELIEF IN THE PRIELBRUS'E REGION <i>Ivanov M.N., Zemskova A.M.</i>	
CHANGES OF CHITA TOWN PERMAFROST CONDITIONS IN THE CONTEXT OF CLIMATE GLOBAL CHANGE <i>Klimovsky I.V., Shesternev D.D., Chuprova A.A.</i>	
GROUNDWATER REGIME FEATURES IN THE FLOODPLAIN TALIKS <i>Mikhailov V.M.</i>	
THE FEATURES OF GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS OF KAZAKHSTAN ALTAI <i>Severskii E.V.</i>	
ALPINE GLACIERS AS THE PALEOARHIVES: ALTAI CASE STUDYING <i>Frolova N.S.</i>	

CONTENTS

ON THE SNOW COVER INFLUENCE ON A TEMPERATURE MODE CRYOLITOZONE'S CENTRAL TRANSBAIKALIAN ROCKS SIBERIAN MOUNTAINS' CRYOGENIC CONDITIONS' FEATURES IN VIEW OF INTERACTION BETWEEN THE PERMAFROST AND GLACIATION	<i>Chuprova A.A., Shesternev D.M.</i> 365 <i>Sheinkman V.S., Antipov A.N., Dan'ko L.V.</i> 367
CRYOGENIC PHYSICOCHEMICAL AND MECHANICAL PROCESSES	
REASONS AND PREVENTION MEASURES OF SOIL-VEGETATION COVER STREAM EROSION IN TUNDRAS FORMATION OF INTRUSIVE MASSIVE ICE IN PRESENT TIME THE SPEED OF THERMAEROSION AND THERMOKARST PROCESSES ALONG FIELD COLLECTORS OF THE GAS DEPOSIT "MEDVEZHJE" CLASSIFICATION OF ENGINEERING-CRYOGENIC PROCESSES ON THE INJECTION MECHANISM OF ICE ACCUMULATION DURING GROUND FREEZING THE EXPERIMENTAL STUDIES OF CRYOGENIC PRESSURE INTO UNSATURATED FINE-GRAINED SOILS IMPACT OF CRYOGENIC FEATURES ON THE RUNOFF TYPES IN THE RIVER BASINS OF CENTRAL YAMAL (POLYGON "VASKINY DACHI") MODE OF IRON BEHAVIOR IN NATURAL WATERS OF THE TOUPUGOL AND KHAIMENSHOR RIVERS WATERSHED (EASTERN SLOPE OF THE POLAR URALS) CRYOGENIC FEATURES AND PROCESSES IN AGRICULTURAL LANDSCAPES OF CENTRAL YAKUTIA METHOD OF CALCULATION OF UNFROZEN WATER CONTENT BY WATER POTENTIAL BIPOROUS MEDIUM AS THE MODEL OF FROZEN SOIL DEVELOPMENT OF THE COMPUTER PROGRAM FOR THE PREDICTION OF TEMPERATURE AND ION-SALT CONDITIONS OF SALINIZED ROCKS AND CRYOPEGES SOME FEATURES OF MARTIAN CRYOGENIC THERMAL HISTORY CRYOGENIC PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES SALINITY ICE COMPLEX OF THE COASTAL ZONE NORTHERN YAKUTIA NATURE AND DISTRIBUTION OF FROZEN SALINE SEDIMENTS ON THE YAMAL HYDRATE-SATURATED MEDIUMS THERMOPHYSICAL PROPERTIES MEASURING PORE SOLUTION PHASE EQUILIBRIUM THERMODYNAMIC MODELS EARTH SCIENCES' CONNECTION WITH THE FRACTAL GEOMETRY: PRACTICE QUESTIONS COMPLEX STUDYING OF THE GROUNDS' ENGINEERING-GEOLOGICAL FEATURES IN THE REGION OF TARKO-SALE PALEOSOILS OF NORTH TAIGA IN THE CONDITIONS OF CRYOGENESIS	
<i>Baranov A.V., Grigoriev V.Ya., Unanyan K.L.</i> 371 <i>Boytssov A.V.</i> 372 <i>Velikotskij M.A., Marahtanov V.P.</i> 378 <i>Volnova E.A., Grebenets V.I.</i> 380 <i>Gorelik J.B.</i> 384 <i>Grechishchev S., Pavlov A., Grechishcheva O.</i> 386 <i>Gubarkov A.A., Leibman M.O.</i> 390 <i>Guseva N.V.</i> 393 <i>Efremov P.V.</i> 395 <i>Istomin V.A., Chuvalin E.M., Makhonina N.A., Bukhanov B.A.</i> 398 <i>Kolunin V.S., Kolunin A.V., Pisarev A.D.</i> 400 <i>Komarov I.A., Mironenko M.V., Pustovoit G.P.</i> 404 <i>Kondrat'eva K.A.</i> 407 <i>Konishchev V.N., Rogov V.V..</i> 409 <i>Paryonkina O.L.</i> 411 <i>Permyakov M.E., Duchkov A.D., Manakov A.Yu., Kazantsev S.A.</i> 414 <i>Starostin E.G.</i> 417 <i>Telitsyn V.L., Kuznetsov A.V.</i> 420 <i>Cherkasova E.N., Kazbakova Kh.T., Pakhomova A.S., Fadeev S.V., Smorygin O.G., Samsonova V.V., Bruschkov A.V.</i> 422 <i>Yakimov A.S.</i> 425	

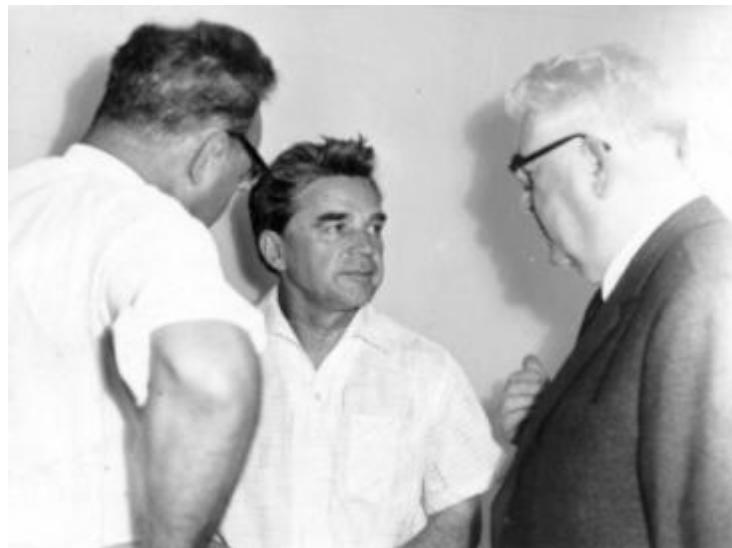
CONTENTS

AVERAGE CHEMICAL PARAMETERS OF NOVO-SIBIRSKIE ISLANDS' SOIL TYPES	<i>Yakshina I. A.</i>
	427
ECOLOGY OF HIGH-LATITUDE AREAS AND ITS INFLUENCE ON HUMAN	
INFLUENCE OF AEROCRYOTHERAPY ON THE PARAMETERS OF CELLULAR LINK OF IMMUNITY	
<i>Akuneeva T.V., Sukhovei Y.G., Unger I.G., Kostolomova E.G., Orlova T.V., Beresneva L.A., Drozgov K.V.</i>	429
TECHNOGENESIS OF CRYOLITHOZONE OF THE YAKUTIAN DIAMOND-BEARING PROVINCE	
<i>Alexeev S.V., Alexeeva L.P., Shmarov G.P., Kononov A.M.</i>	431
ABOUT DEFORMATIONARY MODEL OF RADIAL GROWING OF WOOD PLANTS	
<i>Konowalov A.A., Arefyev S.P.</i>	434
INFLUENCE OF AEROCRYOTHERAPY ON THE HUMORAL FACTORS OF IMMUNE SYSTEM AND BIOCHEMICAL STATUS PARAMETERS OF PERSONS WITH THE VARIOUS LEVEL OF "IMMUNE HEALTH"	
<i>Beresneva L.A., Sukhovei Y.G., Unger I.G., Kostolomova E.G., Orlova T.V., Akuneeva T.V., Drozgov K.V.</i>	438
THE PHENOMENON OF "FREQUENT INFECTIOUS-INFLAMMATORY DISEASE" AT TEENAGERS OF THE FAR NORTH AND THE ALIMENTARY FACTOR IN ITS FORMATION	
<i>Vorobev I.A., Orlova T.V.</i>	440
ADAPTATION OF CHUKOTKA CHILDREN PHYSICAL DEVELOPMENT TRANSFORMATION WITHIN THE PUBERTAL PERIOD	
<i>Godovskyh T.V.</i>	443
AN APPROACH TO ESTIMATE THE CONDITIONS OF TRADITIONAL NATURE MANAGEMENT IN TUNDRAS OF NORTH YAKUTIA	
<i>Gubin S.V., Veremeeva A.A.</i>	445
REINDEER PASTURES EXPERT ASSESSMENT OF THE TYUMEN NORTH	
<i>Dedyusova S., Zotova L.</i>	447
LANDSCAPE PATTERN AND ANTRHOPOGENOUS DISTURBANCES AT SITES ALONG THE PIPELINES "KHOLMOGORY-KLIN" AND "HADYM-PUNGA"	
<i>Elancev E.V.</i>	449
MICROBIAL ASSOCIATIONS IN THE ZONE OF URANIUM DEPOSITS IN SOUTH YAKUTIA	
<i>Ivanova I., Kuzmina N.P., Petrova S.V., D'yachkovsky A.P., Chevychelov A.P.</i>	452
RESULTS OF BIOLOGICAL TESTING OF RELIC MICROORGANISMS ALLOCATED FROM LONGSTANDING FROZEN ROCKS IN EXPERIMENT WITH LABORATORY MICE	
<i>Kalenova L.F., Fisher T.A., Besedin I.M., Sukhovei Y.G., Brushkov A.V., Melnikov V.P.</i>	455
PARTICULARS OF ISOLATED IMMUNOCOMETENT CELLS RESPONSE OF PERSONS WITH SECONDARY IMMUNE INSUFFICIENCY AFTER THE CRYOINFLUENCE (in vitro)	
<i>Kostolomova E.G., Sukhovei Y.G., Unger I.G., Akuneeva T.V., Beresneva L.A., Drozgov K.V.</i>	457
ORGANIC MATTER REDISTRIBUTION AND CONSERVATION IN THE TRANSITIVE LAYER OF PERMAFROST	
<i>Lupachev A.V., Gubin S.V.</i>	459
.Migrations of FLUORINE IN THE SNOW COVER IN EAST SIBERIA	
<i>Makarov V.N.</i>	460
THE DIVERSITY OF SOIL-PLANT COVER OF RUSSIAN FROZEN REGIONS REFLECTION IN SOIL BANKS OF SEEDS	
<i>Maximovich S.V.</i>	464
CHARACTERISTIC OF HEALTH OF THE POPULATION LIVING IN VARIOUS GEOCRYOLOGICAL AREAS OF TYUMEN REGION	
<i>Mamaeva N.L., Petrov, S.A., Vorobyev I.A.</i>	466
METHODOLOGY OF CONSTRUCTION OF INFORMATION SYSTEM IN PROBLEMS OF THE ECOLOGICAL ESTIMATION OF TERRITORY	
<i>Mulyukov R.R.</i>	469
THE INFLUENCE OF SLOPE PROCESSES ON SALIX TREE-RING VARIATIONS THE YAMAL PENINSULA	
<i>Nikolaev A.N., Samsonova V.V.</i>	471
WATER STREAMS POLLUTION HYDROCHEMICAL MODEL PARAMETER IDENTIFICATION WITH SEASONALLY CLIMATIC FACTORS TAKEN INTO ACCOUNT	
<i>Pickinerov P.V.</i>	474

CONTENTS

IMPROVEMENT OF STATE'S SYSTEM ECOLOGICAL CHECKING WITH PROVISION FOR CLIMATIC PARTICULARITIES OF NORTH TERRITORY ON TYUMEN'S AREA	<i>Sergeeva N.N.</i>	478
RADIOECOLOGICAL MONITORING OF TAIGA –FROZEN LANDSCAPES IN THE AREA OF UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSION “KRISTALL”	<i>Sobakin P.I., Zakharov E.S., Chevychelov A.P.</i>	480
PERMAFROST AND ANCIENT ICE RELIC MICROORGANISMS INFLUENCE ON THE MACROORGANISMS’ REGULATION PROCESSES	<i>Subbotin A.M. , Trofimova Yu.B. , Brushkov A.V. , Sukhovei Yu.G.</i>	483
CRYOSENSITIVITY OF NEWBORN CHILDREN ISOLATED MONOCYTES.	<i>Sukhovei Y.G.; Unger I.G., Costolomova E.G.; Acuneeva T.V.; Beresneva L.A., Drozdov K.V..</i>	486
INFLUENCE OF HYPOTHERMAL INFLUENCE DURATION ON THE IMMUNOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN EXPERIMENT	<i>Fisher T.A., Kalenova L.F., Sukhovei Y.G., Besedin I.M.</i>	488
THE EFFECT OF PYROGENESIS ON THE ^{137}CS PERMAFROST-AFFECTED SOILS CONTAMINATION	<i>Chevychelov A.P., Sobakin P.I.</i>	491

**П.И.МЕЛЬНИКОВ -
ОСНОВАТЕЛЬ АКАДЕМИЧЕСКОГО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ В ЯКУТИИ**



П.И.Мельников

Павел Иванович Мельников родился 19 июня 1908 года в г. Ленинграде. Детские и отроческие годы его были очень трудными. Рано лишившись родителей, он до восьмилетнего возраста воспитывался у своей тети. В 1916 г. П.И.Мельников был отдан в детский приют, а затем в детдом, где и прошли его школьные годы. В 1924 г. он поступил в Ленинградское Военно-морское училище им. М.В.Фрунзе, после окончания общих курсов которого с 1927 по 1930 годы работал на Ленинградских заводах "Красный выборжец" и "Красный треугольник". В 1929 г. он вступил в члены ВКП (б).

В 1930 г. П.И.Мельников, сдав вступительные экзамены, поступил в Ленинградский Горный институт им. Г.В.Плеханова. С этого времени слова "впервые" и "первый" составляют основной рефрен всей его жизни. Вместе с Н.А.Мариновым, Е.В.Посоховым, В.А.Кудрявцевым и другими известными впоследствии учеными нашей страны, П.И.Мельников становится студентом впервые организованной в Горном институте кафедры гидрогеологии и инженерной геологии. Основал эту кафедру и возглавлял ее с 1930 по 1938 гг. профессор Павел Ильич Бутов, беспредельно увлеченный гидрогеологией и стоявший у истоков создания многих ее научных направлений. Помимо П.И.Бутова, на кафедру были приглашены патриархи отечественной гидрогеологии Н.Ф.Погребов и Н.Н.Славянов, а также в то время молодые, но уже громко заявившие о себе талантливые ученыe: Н.И.Толстихин, Д.И.Щеголев, Г.И.Смолко и другие. Подобный преподавательский состав кафедры безусловно способствовал воспитанию у студентов глубокого интереса к выбранной специальности и к серьезной научной работе.

Уже на первых курсах института П.И.Мельников, благодаря лекциям Н.Ф.Погребова и Н.И.Толстихина, а также организованным на кафедре факультативным курсам по мерзлотоведению, которые читали приглашенные из Москвы М.И.Сумгин, Н.А.Цытович и В.В.Охотин, увлекается этой новой наукой. Все производственные практики он проходил в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке в полевых отрядах, созданных Комиссией по изучению вечной мерзлоты АН СССР. В периоды этих производственных практик проявляются его научные и организаторские способности. Студент-практиканта назначается на должности прораба и зам.начальника мерзлотно-гидрогеологической партии, участвует в написании научно-технических отчетов и нескольких очерков об особенностях мерзлотных и гидрогеологических условий долины р.Брянты и других участков проектируемой в те годы трассы БАМ.

После окончания в 1935 г. Горного института и получения диплома инженера-гидрогеолога П.И.Мельников был приглашен в Москву в Комиссию по изучению вечной мерзлоты АН СССР. Молодого и энергичного инженера, имеющего уже некоторый опыт научно-организационной работы в области вечной мерзлоты, Комиссия направляет в Горно-геологическое управление Главсевморпути, рекомендуя его на должность начальника Игарской мерзлотной станции. Это было высокое доверие для 27-летнего молодого специалиста и П.И.Мельников блестяще оправдывает его. Под руководством и при непосредственном участии Павла Ивановича станция проводит изучение мерзлотных, инженерно-геологических и гидрогеологических условий района г.Игарки. Укрепляется ее материально-техническая база и кадровый состав. На станции создается по существу первая в мире подземная научная лаборатория в толще вечной мерзлоты для проведения исследований при постоянных в течение года отрицательных температурах.

В октябре 1938 г. П.И.Мельникова отзывают в Москву, где он работает научным сотрудником в Комитете по вечной мерзлоте АН СССР, преобразованном через год в Институт мерзлотоведения АН СССР им. В.А.Обручева. В 1939 г. Павел Иванович в составе комплексной Якутской экспедиции, которую организовывал

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Совет по изучению производительных сил АН СССР, впервые посещает г. Якутск и с этого времени вся его последующая жизнь неразрывно связана с Якутией.

В 1940 г. П.И.Мельникова командируют из Москвы в г. Якутск во главе экспедиции Института мерзлотоведения АН СССР им. В.А.Обручева. В задачи экспедиции входило изучение мерзлотно-гидрогеологических и инженерно-геологических условий строительства зданий и сооружений в Центральных районах Якутии, исследование подземных льдов и наледей, а также комплексное опробование первой разведочной скважины на подмерзлотные воды в г.Якутске. Успешное завершение бурения и испытания этой скважины открыли новую эпоху в изучении мерзлотно-гидрогеологических условий в республике и использовании подмерзлотных вод для целей водоснабжения.

В 1941 г. на базе Якутской экспедиции Института мерзлотоведения им. В.А.Обручева Постановлением СНК СССР было решено организовать в г.Якутске научно-исследовательскую мерзлотную станцию этого института (ЯНИМС). Начальником ее назначается П.И.Мельников. На этой должности в полной мере раскрывается его талант исследователя, руководителя и организатора науки. Благодаря энергии, настойчивости и энтузиазму П.И.Мельникова ЯНИМС за короткий период становится одной из ведущих научных организаций г.Якутска и республики. На станции формируются первые научные направления. В 1942 г. впервые в Якутии сооружается подземная научная лаборатория для изучения и испытания мерзлых грунтов. В тяжелые военные годы сотрудники станции проводят исследования по наиболее актуальным хозяйственным проблемам города и республики: разрабатываются и внедряются в народное хозяйство рациональные и экономичные методы устойчивого строительства зданий, линейных сооружений, водопроводов и ледовых хранилищ в условиях вечной мерзлоты. В 1943-44 гг. ЯНИМС в содружестве с Якутской геолого-поисковой конторой было осуществлено бурение первой эксплуатационной скважины на подмерзлотные воды для водоснабжения г.Якутска. П.И.Мельникову в числе других сотрудников присуждается премия за открытие Якутского артезианского бассейна.

Подобные существенные результаты безусловно способствовали росту авторитета станции и ее руководителя. За период с 1942 по 1947 гг. П.И.Мельникова избирают в состав экспертно-территориального Совета при Госплане ЯАССР, членом постоянно действующего Ученого Совета при Совнаркоме республики, членом Ученого Совета Якутской научно-исследовательской базы АН СССР. Он награждается орденом Красной Звезды (1945), медалью "За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941- 1945 гг." (1946), орденом Знак почета (1947).

В 1947 г. Павел Иванович успешно защищает в Москве кандидатскую диссертацию на тему: "Мерзлотно-геологические условия возведения гражданских и промышленных зданий на территории Центральной Якутии по данным опытного строительства в районе г.Якутска". Эта работа получила высокую оценку многих ведущих ученых страны, в том числе академика В.А.Обручева, член-корреспондента АН СССР Н.А.Цытовича и других. Она была отмечена специальной премией Президиума АН СССР.

В этом же году П.И.Мельников, совместно с Н.А.Цытовичем, Н.И.Салтыковым и В.Ф.Жуковым, обобщил первый опыт строительства и эксплуатации крупного промышленного объекта, построенного по принципу сохранения вечной мерзлоты, - здания Якутской центральной электростанции. Написанная ими на основе этого обобщения монография "Фундаменты электростанций на вечной мерзлоте" (1947) явилась первым методическим пособием для проектирования, строительства и эксплуатации подобных сооружений в области распространения многолетнемерзлых пород.

В 1951 г. в издательстве АН СССР вышла монография П.И.Мельникова "Мерзлотно-геологические условия возведения гражданских и промышленных зданий на территории Центральной Якутии и опыт строительства". Эта книга была написана им на основе его кандидатской диссертации, но существенно дополненной материалами новых исследований и теоретических разработок. В предисловии к ней академик В.А.Обручев отмечал: "П.И.Мельников результатами своих исследований подтвердил целый ряд теоретических предположений, ранее основанных исключительно на общих соображениях, и стимулировал рассмотрение методов возведения совершенно по-новому, обосновывая их динамикой процесса и литологическим строением вечномерзлой толщи". В монографии детально рассматриваются основные принципы, методы проектирования и строительства зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты Якутии, анализируется опыт их эксплуатации, а также предлагаются различные методы ликвидации деформаций возведенных зданий.

После защиты диссертации П.И.Мельников значительно больше сил и энергии уделяет научно-организационной работе на станции. По его инициативе существенно укрепляется ее материально-техническая база, проводятся мерзлотные исследования в важных с народнохозяйственной точки зрения горнодобывающих районах Западной, Южной и Восточной Якутии. Тем не менее он находит время для собственной исследовательской работы и теоретического обоснования своих научных идей. Так, в 1952 г. в книге "Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике" была опубликована его научная работа "Динамика вечной мерзлоты под зданиями и расчет фундаментов для низкотемпературной вечной мерзлоты Центральной Якутии". В этой статье впервые аргументировано обосновывается преимущество применения свайных железобетонных фундаментов, заглубляемых в мерзлый грунт методом пропаривания. Сочетание свайных фундаментов и вентилируемых подпольй оказалось весьма эффективным. Очень быстро это предложение нашло широкое применение в практике северного строительства. В 1953 г. П.И.Мельников, совместно с А.И.Ефимовым, обобщил результаты многолетних исследований по особенностям использования

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

подмерзлотных вод для целей водоснабжения в монографии "Опыт эксплуатации подземных вод в области распространения вечной мерзлоты Центральной Якутии".

За большой личный вклад П.И.Мельникова и руководимого им научного коллектива в изучение вечной мерзлоты республики и за внедрение результатов исследований в производство ему в 1952 г. было присвоено почетное звание Заслуженного деятеля науки Якутской АССР. В этом году он был награжден Орденом Трудового Красного Знамени, а через год медалью "За трудовую доблесть".

Научный авторитет и масштабность исследовательских работ станции, благодаря во многом усилиям и энтузиазму ее руководителя, возросли настолько, что в 1956 г. было принято решение о преобразовании Якутской НИМС в Северо-Восточное отделение Института мерзлотоведения АН СССР им. В.А.Обручева. Директором этого отделения был назначен П.И.Мельников.

С созданием в 1957 г. Сибирского Отделения АН СССР появилась возможность реорганизации Северо-Восточного отделения Института мерзлотоведения им. В.А.Обручева в самостоятельный научно-исследовательский институт. Эта реорганизация была вызвана значительным увеличением объема научных исследований, в связи с необходимостью разрешения новых крупных практических проблем, которые выдвигали перед геокриологической наукой Якутии бурно развивающаяся в конце 50-х - начале 60-х годов алмазодобывающая промышленность, а также газодобывающая, строительная, сельскохозяйственная и другие отрасли. В 1958 г. бюро Якутского обкома КПСС обратилось в Президиум СО АН СССР с просьбой создать на базе существующего в г.Якутске отделения самостоятельный научно-исследовательский институт. Просьба была удовлетворена и в 1960 г. был создан Институт мерзлотоведения СО АН СССР, в состав которого вошли также Игарская, Алданская и Анадырская мерзлотные станции. Директором нового Института Президиум СО АН СССР назначил П.И.Мельникова.

За последующие 28 лет своего бессменного руководства Институтом, который после ликвидации в 1963 г. московского Института мерзлотоведения АН СССР им. В.А.Обручева стал единственной в стране академической научно-исследовательской организацией этого профиля, П.И.Мельников как ученый и организатор успел сделать очень многое. В этот период судьба словно решила компенсировать ему тяжелое время детства и отрочества, предоставив режим наибольшего благоприятствования для реализации его научных и научно-организационных планов, устремлений и идей.

В 1964 г. по совокупности опубликованных работ, представленных в докладе "Итоги геокриологических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований в Центральной и Южной Якутии" П.И.Мельникову решением ВАК СССР была присвоена ученая степень доктора геолого-минералогических наук. В 1966 г. он завершил крупное картографическое обобщение многолетних геотермических наблюдений, составив первую геокриологическую карту Якутии в масштабе 1:5 000 000. Карта была удостоена золотой медали ВДНХ. В качестве приложения она была включена в XX том монографии "Гидрогеология СССР" (1970). В 1968 г. в работе "Фундаменты сооружений на мерзлых грунтах в Якутии" П.И.Мельниковым, совместно с К.Ф.Войтовским, Г.В.Порхаевым, И.Н.Вотяковым и другими исследователями, обобщен накопленный к тому времени опыт проектирования, возведения и эксплуатации фундаментов зданий и сооружений на мерзлых грунтах. В монографии изложены основные принципы расчета фундаментов на естественных и искусственных основаниях, проанализированы перспективы дальнейшего развития фундаментостроения в районах распространения вечной мерзлоты.

В 1968 г. П.И.Мельников был избран членом-корреспондентом АН СССР по отделению наук о Земле. Это было высокое признание его личных научных результатов и работ возглавляемого им коллектива. Став членом-корреспондентом АН СССР, П.И.Мельников значительно больше времени и сил уделяет научно-организационной работе. По его инициативе существенно расширяется и углубляется тематика научных исследований в Институте, создаются новые научные лаборатории и региональные научные подразделения как в Якутии, так и за ее пределами. Для координации геокриологических исследований, проводимых в нашей стране, Павел Иванович добивается создания в 1970 г. в г.Москве Научного Совета по криологии Земли АН СССР, бессменным председателем которого он являлся до конца своей жизни. Его избирают также членом бюро Отделения океанологии, физики атмосферы и географии АН СССР (1971), членом Научного Совета по проблемам БАМа (1975) и других научных советов.

Огромную работу проделал П.И.Мельников при подготовке и проведении в 1973г. в г.Якутске Второй международной конференции по мерзлотоведению. Являясь председателем Оргкомитета этого крупного международного форума мерзлотоведов, впервые проводившегося в нашей стране, он взял на себя всю ответственность по его планированию и организации. Успешное проведение этой конференции безусловно способствовали росту международного авторитета Якутской геокриологической научной школы, а также укреплению научных связей сотрудников Института с зарубежными коллегами и осуществлению в последующем совместных исследований.

В 1981 г. П.И.Мельников был избран действительным членом АН СССР по Отделению океанологии, физики атмосферы и географии. С этого времени еще более увеличивается объем выполняемой им научно-организационной работы. В 1983 г. по его инициативе при Институте создается докторский Специализированный совет по защите диссертаций по геолого-минералогическим, техническим и географическим наукам. Председателем этого Спецсовета был назначен П.И.Мельников. В том же 1983 г. его избирают президентом впервые организованной Международной ассоциации по мерзлотоведению. Возглавляя эту ассоциацию все установленные по положению 5 лет, Павел Иванович провел большую научно-

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

организационную работу по координации геокриологических исследований, осуществляемых в разных странах мира, организации международных научных конференций и симпозиумов по различным проблемам мерзлотоведения. Тем не менее, основной объем своей научно-организационной работы он продолжал выполнять как директор Института. По его инициативе продолжает расширяться сеть региональных научных подразделений Института. В частности, создается Читинский отдел (1986) и ставится вопрос об организации Северо-Восточного отдела в г.Магадане. П.И.Мельников являлся инициатором и ответственным редактором многих выполняемых в эти годы основных научных работ сотрудников Института (монографий, научных сборников, карт, методических пособий и др.).

Как организатор науки П.И.Мельников безусловно обладал особым даром в предвидении основных путей развития науки, выборе приоритетных научных направлений, подборе научных кадров и руководителей научных подразделений. Постоянное внимание Павел Иванович уделял укреплению материально-технической базы Института. При этом он стремился поддерживать не только оснащение научных лабораторий стандартным серийным оборудованием, но и способствовал и поощрял разработку в Институте уникальных установок для проведения экспериментальных и полевых геокриологических исследований. По его инициативе, например, в 1967 г. была создана вторая подземная научная лаборатория в мерзлых грунтах, существенно отличающаяся от первой как по размерам и расположением в непосредственной близости от главного корпуса Института, так и по своим конструктивным особенностям. Это уникальное инженерное сооружение, состоящее из двух галерей, снабженных вертикальным шахтным стволом для спуска и подъема массивных образцов горных пород и тяжелого научного оборудования, много лет успешно используется для проведения научных экспериментов и служит объектом постоянного интереса со стороны приезжающих в Институт коллег и многих гостей Республики.

Повышенное внимание П.И.Мельников уделял улучшению условий труда и социальной сферы жизни и деятельности своих сотрудников. В течение всех 28 лет его руководства Институтом микрорайон "Мерзлотки" всегда выделялся, по сравнению с другими микрорайонами г.Якутска, особой ухоженностью, чистотой и благоустройством. Благодаря его усилиям и настойчивости было выделено соответствующее финансирование и построены главный корпус Института, четыре многоэтажных жилых дома, котельная, великолепный деткомбинат, гаражи и другие капитальные здания и сооружения. Особой гордостью не только сотрудников Института, но и всех жителей г.Якутска, безусловно является фонтан, выполненный в виде скульптуры мамонта и установленный в сквере перед входом в главный корпус. Идея создания подобной скульптуры принадлежала П.И.Мельникову, а претворил эту идею в жизнь по его просьбе сотрудник Института, талантливый художник Л.Г.Адонин в 1972 г.

Помимо научной, научно-организационной и административной деятельности, П.И.Мельников вел и большую общественную работу. Он неоднократно избирался членом Якутского Обкома КПСС, являлся депутатом Верховного Совета Якутской АССР нескольких созывов, в течение многих лет возглавлял Республиканское общество "Знание". Тесный контакт он постоянно поддерживал с Якутским Государственным университетом. Во многом благодаря его инициативе и активной поддержке, на геологоразведочном факультете университета в 1978 г. была открыта кафедра мерзлотоведения, выпускающая специалистов по инженерному мерзлотоведению, гидрогеологии, водоснабжению и геоэкологии. Несколько лет П.И.Мельников являлся председателем ГЭК на геологоразведочном факультете ЯГУ.

Многогранная и плодотворная деятельность П.И.Мельникова в период его руководства Институтом была по достоинству оценена. В 1969 г. ему было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР. В 1975 г. он был награжден вторым Орденом Трудового Красного Знамени, а в 1978 г. - Орденом Ленина. В 1984 г. П.И.Мельников был удостоен высокого звания Героя социалистического труда.

Став с 1988 г почетным директором Института мерзлотоведения СО АН СССР и переехав на постоянное жительство в г.Москву, Павел Иванович тем не менее поддерживал постоянную тесную связь с коллективом и его новым руководством, оказывая большую консультативную помощь. Продолжал он вести и активную научно-организационную работу, являясь председателем Научного Совета по криологии Земли РАН, научным руководителем и координатором нескольких крупных федеральных и международных научных программ, председателем Национального Комитета по мерзлотоведению, членом ряда научных и экспертных Советов. Казалось, что время бессильно перед этим волевым, целеустремленным и жизнелюбивым человеком.

Смерть оборвала его жизнь резко, внезапно и как-то очень легко. Так обычно уходят из жизни яркие личности, успевшие реализовать себя, если не полностью, то во многом. Смерть таких людей - понятие относительное, поскольку они как бы продолжают жить в своих творениях и созданных ими делах. Павел Иванович бесспорно принадлежал к таким людям. Подтверждением этого является присвоение в 1995 г. имени академика П.И.Мельникова главному детищу всей его жизни - Институту мерзлотоведения СО РАН.

P.I.MELNIKOV
THE FOUNDER OF ACADEMICAL GEOCRYOLOGY IN YAKUTIA



P.I.Melnikov in the center

Pavel Ivanovich Melnikov was born in June 19, 1908 in Leningrad. His childhood and adolescence were full of hardship. He lost his parents early and was raised by his aunt since 8 years old. In 1916 P.I.Melnikov was sent to orphanage where his school years passed. In 1924 he entered Leningrad Frunze Naval College. After graduating of the general course he worked in 1927 to 1930 on Leningrad's plants "Krasny Vyborzhets" and "Krasny Treugolnik. In 1929 he acceded to the Communist party of Bolsheviks.

In 1930 P.I.Melnikov passed exams and entered Leningrad Plekhanov Institute of Mines. Since then words "pioneer" and "first" flag his entire life. Together with N.A.Marinov, E.V.Posokhov, V.A.Kudryavtsev and others, future famous Russian scientists, P.I.Melnikov became a student of first established Department of Hydrogeology and Engineering Geology in the Institute of Mines. Founder of this Department and its head in 1930 to 1938 was Pavel Il'ich Butov, highly enthusiastic about hydrogeology and was at the source of establishing most of its scientific branches. Besides P.I.Butov, N.F.Pogrebov and N.N.Slavyanov, patriarchs of Russian hydrogeology, as well as young but already loudly declaring themselves talented researchers N.I.Tolstikhin, D.I.Shchegolev, G.I.Smolko and others were invited to the Department. Such a teaching staff of the Department undoubtedly promoted development of deep interest in the topic of their choice and in the serious research in the students.

Already as an undergraduate student, P.I.Melnikov got involved in the new science permafrost, thanks to lectures of N.F.Pogrebov and N.I.Tolstikhin, as well as additional courses on permafrost which were given by lecturers invited from Moscow: M.I.Sumgin, N.A.Tsytovich, and V.V.Okhotin. All his field training was in East Siberia and Far East in the field parties set up by the Commission on Permafrost Study, Academy of Sciences of USSR (AS USSR). During these trainings, he showed his aptitude for research and organizing. Undergraduate student is appointed manager of the works and deputy-head of the field permafrost-hydrogeologic party, participated in the compilation of scientific reports and several essays on the specific features of permafrost and hydrogeology in the valley of river Bryanty and other sites within the projected at that time Baykal-Amur Mainline.

After graduating from the Institute of Mine in 1935 with a diploma of engineer-hydrogeologist, P.I.Melnikov was invited to move to Moscow in the Commission on Permafrost Study AS USSR. Young, energetic engineer already having some experience in research and organizing work in the area of permafrost is sent to the Mining-geological administration of Northern Seaway recommended as a head of Igarka research station. This was a credit of confidence for a 27-year old specialist and P.I.Melnikov brilliantly justified this confidence. Research station studied permafrost, engineering-geological, and hydrogeological conditions in the Igarka area under the guidance and with direct participation of P.I.Melnikov. Its facilities were upgraded and staff strengthened. Established was the first in the world underground research laboratory in permafrost to perform studies under the stable year round negative temperatures.

P.I.Melnikov was recalled to Moscow where he worked as a researcher in the Committee on Permafrost AS USSR, which was after a year reorganized into the Obruchev Permafrost Institute. In 1939, Pavel Ivanovich first visited Yakutsk as a member of a complex Yakutian expedition of the Council for study of productive forces AS USSR. Since then all his life got connected to Yakutia.

In 1940, P.I.Melnikov is sent from Moscow to Yakutsk as a head of Obruchev Permafrost Institute AS USSR expedition. Objectives of this expedition were study of permafrost-hydrogeological and engineering-geological conditions for construction in the Central Yakutian region, study of ground ice and icings, as well as complex sampling of the first in Yakutia exploratory hydrogeological well to study usage of sub-permafrost water supply.

In 1941, USSR Government Decree established Research permafrost station of Obruchev Permafrost Institute based on the Yakutian expedition of this Institute. P.I.Melnikov was appointed director of the Station. This position allowed him to unveil his talent of a researcher, leader, and science manager. Due to his energy, persistence, and enthusiasm Station shortly became one of the leading research organizations of Yakutsk and Yakutian Republic. Station established its first scientific directions. In 1942 for the first time in Yakutia underground research laboratory is established to study and test frozen rocks. During hard War years researchers of the Station performed studies of most actual economic problems of the City and Republic: devised and introduced in practice are efficient and saving methods of stable dwelling, linear, pipeline, and ice storage construction on permafrost. In 1943-1944 Station in partnership with Yakutian geological- reconnaissance agency first exploitation hydrological well was drilled for sub-permafrost water supply of Yakutsk. P.I.Melnikov and other researchers are awarded for discovery of Yakutian Artesian Basin.

Such valuable results undoubtedly won the Station and its leader immense prestige. During the period of 1942 to 1947 P.I.Melnikov is elected a member of Expert-territorial Council affiliated to GOSPLAN (State Planning Committee) of Yakutian Republic, member of the permanent Scientific Council affiliated to the Council of Ministers of the Yakutian Republic, member of Scientific Council of Yakutian Research framework of AS USSR. He is awarded "Order of the Red Star" (in 1945), "Medal for Heroic Work During the Great Patriotic War 1941-1945" (in 1946), "Order of the Insignia of Honor" (in 1947).

In 1947 Pavel Ivanovich successfully defended Candidate Dissertation "Permafrost-geological conditions for dwelling and industrial construction within the territory of Central Yakutia based on the experimental construction in the vicinity of the city of Yakutsk". This work was highly estimated by many leading scientists of the State, including Academician V.A.Obruchev, Correspondent-member of AS USSR N.A.Tsytovich and others. It was awarded with a special prize of AS USSR Presidium.

In the same year P.I.Melnikov together with N.A.Tsytovich, N.I.Saltykov, and V.F.Zhukov summarized the first experience of construction and exploiting a large industrial object built with preservation of permafrost: a building of the main Yakutian electric power station. Monograph "Foundations of electric power stations in permafrost areas" (1947), compiled by these authors on the basis of the summary was the first operating instruction for design, construction, and exploitation of such buildings in permafrost zone.

It was in 1951 that a monograph of P.I.Melnikov "Permafrost-geological conditions of dwelling and industrial buildings construction in Central Yakutia, and experience of construction" was published in AS USSR Press. This book was based on his dissertation but was considerably extended including new studies data and theoretical findings. In the preface Academician V.A.Obruchev noted that "P.I.Melnikov proved a number of theoretical ideas based only on general suppositions, with the experimental studies, and stimulated discussion on the absolutely new construction methods, augmenting them by the dynamics and lithological structure of permafrost". Main principles and methods of design and construction in the conditions of Yakutian permafrost were discussed, experience of their exploitation was analyzed, and various methods of elimination of building deformations suggested in the monograph.

After the defense of dissertation P.I.Melnikov devoted much more energy to organization of research work at the Station. Due to his initiative its facilities substantially improved. Permafrost studies were undertaken in the most important from the economic point of view mining areas in the Western, Southern and Eastern Yakutia. Nevertheless he devoted time for his personal research and theoretical justification of his scientific ideas. In 1952, he published his paper "Dynamics of permafrost beneath the buildings and computation of foundations for low-temperature permafrost of Central Yakutia" in the book "Study of permafrost in Yakutian Republic". In this paper he for the first time provided arguments for the advantage of using ferroconcrete pile foundations, deepened in permafrost by steaming-out. Combination of pile foundations and ventilated cellars appeared to be very efficient. Very soon this suggestion was applied in the practice of northern construction. In 1953, P.I.Melnikov together with A.I.Efimov summarized the results of long-term studies concerning usage of sub-permafrost ground water for water supply in the monograph "Experience of exploitation of ground water in the permafrost area of Central Yakutia".

Important personal contribution of P.I.Melnikov and of scientific team headed by him into the permafrost study of the Republic, as well as applying the results into the production was awarded with a title of honor "Honored Scientist of Yakutian Republic" and the "Order of Labor Red Banner" in 1952, and a medal "For Labor Valor" the next year.

Scientific authority and large-scale research work of the Station to a considerable degree due to the efforts and enthusiasm of its leader increase to such a level that in 1956 a decision was made to reorganize Yakutian Research Permafrost Station into the North-Eastern Department of the Obruchev Permafrost Institute AS USSR. P.I.Melnikov was appointed a director of this Department.

As in 1957 Siberian Branch of AS USSR was established, an opportunity arose to reorganize North-Eastern Department of the Obruchev Permafrost Institute AS USSR into an independent Research Institute. This reorganization was resulting from a considerable increase of research, from a need in solving a number of practical problems which were put in front of the geocryological science of Yakutia by thriving diamond production industry, as well as gas production, construction, agricultural and other industrial branches at the end of 50-s beginning of 60-s. It was in 1958 that Yakutian Regional Communist Party Committee approached AS USSR Presidium with a request to convert the Department into an independent Research Institute. This request was granted and Permafrost Institute of Siberian Branch AS USSR was established in 1960, Igarka, Aldan, and Anadyr permafrost stations being affiliated as well. AS USSR Presidium appointed P.I.Melnikov a director of the new Institute.

During the next 28 years of his unchallenged leadership of the Institute, which after the abolishment in 1963 of Moscow Obruchev Permafrost Institute AS USSR became the only in the State academic research institution of such a

research agenda, P.I.Melnikov managed a lot of achievements as a researcher and a director. In this period his destiny as if compensated his hard times of the childhood, allowing him most favored treatment for realization of scientific and organizational plans, aspiration and ideas.

In 1964, VAK (High attestation commission) awarded P.I.Melnikov with a title of Doctor of geological-mineralogical sciences for a pool of publications summarized in the presentation "Totals of geocryological, hydrological and engineering-geological studies in Central and Southern Yakutia". In 1966 he finalized a major cartographic generalization of long-term geothermic observations by compilation of a Geocryological map of Yakutia, scale 1:5,000,000. The Map was awarded a golden medal of VDNH (Exhibition of economic achievements). It was included as an attachment in the XX volume of the monograph "Hydrogeology of the USSR" (1970). In 1968, P.I.Melnikov together with K.F.Voitkovsky, G.V.Porkhaev, I.N.Votyakov and other researchers summarized accumulated by then experience of design, construction and exploitation of building foundations in frozen rocks in a monograph "Foundations of constructions on frozen ground in Yakutia". Main principles of computing foundations on natural and technogenic basements, prospects of further development of foundation construction in permafrost zone are discussed in the monograph.

In 1968, P.I.Melnikov was elected a correspondent member AS USSR, department of Earth sciences. This was a high recognition of his personal scientific results and work of the personnel leaded by him. After he had become a correspondent member AS USSR, P.I.Melnikov was giving more time and effort to science organizing work. He initiated considerable expanding and deepening of the subject area in the Institute, new research laboratories and regional research departments are established in Yakutia as well as beyond its bounds. Pavel Ivanovich won establishment of Scientific Council on Earth Cryology AS USSR in Moscow in 1970, and was its permanent chairman for the rest of his life. He was also elected a member of bureau of the Department of oceanology, physics of atmosphere and geography AS USSR (1971), member of Scientific Council on the problems of BAM (Baikal-Amur Mainline, 1975), and other scientific councils.

P.I.Melnikov performed enormous work preparing and conducting a Second International Conference on Permafrost in Yakutsk in 1973. Being a chairman of the Organizing Committee of this major international forum, hold in our country for the first time, he took all the responsibility for its planning and organizing. Successful running of this conference undoubtedly promoted gaining immense international prestige of Yakutian scientific permafrost school, as well as strengthening scientific contacts of Institute staff with foreign colleagues and running joint studies in future.

In 1981, P.I.Melnikov was elected a full member of AS USSR, Department of oceanology, physics of atmosphere and geography. Since then amount of his scientific-organization work increased essentially. He initiated establishing of a special council for defense of doctor dissertations in geology-mineralogy, technical and geographic sciences in 1983. Chairman of this Council was P.I.Melnikov. In the same 1983 he was elected a president of just organized International Permafrost Association. Being a leader of this association during the constituted 5 years, Pavel Ivanovich performed large scientific-organization work in coordinating permafrost studies in various countries of the world, organizing international scientific conferences and symposia on various problems of geocryology. Nevertheless, the main amount of his work was done by him as a director of the Institute. He initiated expanding the network of regional scientific departments, particularly, established was Chita department (1986), and discussed organization of North-Eastern Department in Magadan. P.I.Melnikov was initiator and editor-in-chief of many main research works performed by the Institute staff at that time, monographs, transactions, maps, workbooks and so on.

P.I.Melnikov undoubtedly has a special talent as an organizer of science foreseeing the main routes of science development, choosing priority scientific areas, placement of personnel and heads of departments. Pavel Ivanovich devoted permanent attention to upgrading Institute facilities. He strove no only to equip scientific laboratories with standard serial production hardware, but also supported designing of unique devices for experimental and field permafrost studies in the Institute. For example, in 1967 he initiated establishing a second underground scientific laboratory in permafrost, essentially different from the first one by a larger size and location in close vicinity to the main building of the Institute, as well as its construction features. This unique engineering structure, composed of two galleries with a vertical shaft for delivery up and down of large rock samples and heavy scientific equipment, was used for many years and served as an object of unceasing interest displayed by the visiting colleagues and many guests of the Republic.

P.I.Melnikov devoted highest attention to improve the working conditions and social life for personnel activities. During all 28 years of his directorship in the Institute "permafrost community" always stand out against other micro-regions of Yakutsk for its well-attendance, cleanliness, and beautification. Thanks to his efforts and persistence, special financing was allocated and main building of the Institute along with four condominiums, heating plant, kindergarten, garages and other fundamental buildings and structures were constructed. Special pride not only of the Institute staff, but all the Yakutsk citizens undoubtedly is a fountain made in the form of a mammoth statue and installed in the garden in front of the entry to the main building. The idea of creation of such a sculpture belonged to P.I.Melnikov, and was materialized following his request by a talented artist L.G.Adonin in 1972.

In addition to scientific, organizational and administrative work, P.I.Melnikov was involved in a valuable social work. He was repeatedly elected a member of Yakutian Regional Communist Party Committee, was a deputy of Supreme Soviet of Yakutian Republic of several convocations, for many years headed the republican society "Znanie" (knowledge). He conducted tight contacts with Yakutsk State University. To a large extent due to his initiative and active support Permafrost Department was set up on the Faculty of Geology-Prospecting of University in 1978, which educated experts in engineering geocryology, hydrogeology, water supply and geoecology. For several years

P.I.Melnikov was a chairman of State Exam Commission on the Faculty of Geology-Prospecting of Yakutian State University.

Multifarious fruitful activity of P.I.Melnikov as an Institute director was highly estimated. In 1969 he was awarded a honorable title of "Honored Science and Technique Worker of RSFSR (Russian Soviet Federal Socialist Republic)". In 1975 he was awarded the second "Order of Labor Red Banner", and in 1978 the "Order of Lenin". In 1984 P.I.Melnikov was honored with a high title of the "Hero of Socialist Labor".

After becoming a honorable director of the Permafrost Institute AS USSR in 1988 and having moved to Moscow, Pavel Ivanovich nevertheless kept tightly connected to the personnel and its new directors, offering consultative help. He went on with his active scientific-organizing work as a chairman of Scientific Council on Earth Cryology RAS (Russian Academy of Sciences), scientific adviser and coordinator of several large federal and International scientific programs, chairman of the National Committee on Permafrost, member of several scientific and expert Councils. It seemed, time is helpless in front of this strong-willed, purposeful and buoyant person.

Death broke off his life abruptly and somehow easy. This way of passing away is intrinsic for a bright personality, who managed to fulfilled oneself if not totally, then at least to a large extent. Death of such people is a relative concept, as they continue living in their creations and deals. Pavel Ivanovich undoubtedly belonged to such people. Evidence of this is awarding in 1995 the name of Academician P.I.Melnikov to the main brainchild of his entire life, to the Permafrost Institute of Siberian Branch RAS.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О КРИОПЕГАХ ПОБЕРЕЖЬЯ БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЫ

Баулин В.В., Булдович С.Н., Горшков Е.И., Сизых Е.М.
ООО «ПНИИС-изыскания»

NEW DATA ON THE COASTAL CRYOPEGS OF BAYDARATSKAYA BAY

Baulin V.V., Buldovich, S.N., Gorshkov E.I., Sizyh E.M.
JSC "ПНИИС-изыскания"

The article is based on the large-scale survey data obtained in the area of Baydaratskaya Bay in connection with the construction of Bovanenkovo-Uhta gas pipeline.

The appearance of cryopegs at the depth of 5-7 m and their spreading on laida is described for the first time. So, the question of cryopeg possible migration arises. Special attention is paid to the new type of permafrost-affected soils, in which the ice crystals and saline water were simultaneously obtained in the cores of the boreholes.

В ходе детальных изысканий на береговых участках подводного перехода через Байдарацкую губу магистрального газопровода Бованенково-Ухта особое внимание уделялось изучению криопегов – высокоминерализованных подземных вод с низкой отрицательной температурой замерзания, развитых на обширных пространствах лагуны и лайды. С криопегами связано существование вмещающих пород в охлажденном состоянии в суровых климатических условиях района, что отрицательно оказывается на несущей способности грунтов в основаниях инженерных сооружений, высокая коррозионная агрессивность представляет опасность для подземных элементов конструкций, криопеги могут существенно затруднить работы при проходке траншей и т.д.

В соответствии с климатическим районированием Арктики Байдарацкая губа находится в восточном районе Атлантического сектора Северного Ледовитого океана. Район подвержен существенному влиянию атмосферных процессов умеренных широт. Климатические условия определяются неравномерным поступлением в течение года солнечной радиации, атмосферной циркуляцией и близостью холодного моря. Для климата характерны суровая продолжительная зима с длительным залеганием снежного покрова, короткие переходные сезоны – весна и осень, короткое холодное лето, поздние весенние и ранние осенние заморозки, полное отсутствие в отдельные годы безморозного периода. Годовые суммы осадков – 300–500 мм. В годовом ходе наибольшее количество осадков (30–50 % годовой суммы) выпадает с июля по сентябрь. В режиме ветра отчетливо проявляется муссонообразный характер с преобладанием зимой южной составляющей, летом – северной.

Средняя годовая температура воздуха повсеместно имеет отрицательные значения – $-8 \div -10^{\circ}\text{C}$, несколько выше лишь в районе ст. Марре-Сале, к югу повышается до -7°C . Самая низкая средняя месячная температура наблюдаются в феврале $-25 \div -26^{\circ}\text{C}$.

Самым суровым является период с декабря по март. В это время средняя месячная температура в основном не поднимается выше -20°C , а минимальная нередко понижается до -50°C .

Отрицательные средние месячные температуры воздуха на всей территории сохраняются в апреле и мае, через 0°C средняя суточная температура переходит только в конце мая – первой декаде июня.

Начало лета приходится на конец первой – начало второй декады июня. В связи с близостью Северного Ледовитого океана лето очень короткое и холодное.

Средняя продолжительность безморозного периода составляет 57 (Марре-Сале) – 85 (Тазовское) дней, в отдельные годы период без заморозков может сокращаться до 30 дней. Нередкость – годы с полным

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

отсутствием безморозного периода, либо с относительно длительным, но прерываемым заморозком безморозным периодом.

Самые теплые месяцы года – июль–август. Средняя температура июля изменяется по различным метеостанциям в интервале $+8 - +14^{\circ}\text{C}$.

Участок лайды и лагуны характеризуется сложной инженерно-геокриологической обстановкой. Участок по площади составляет $1,1 \text{ км}^2$ (рис. 1).

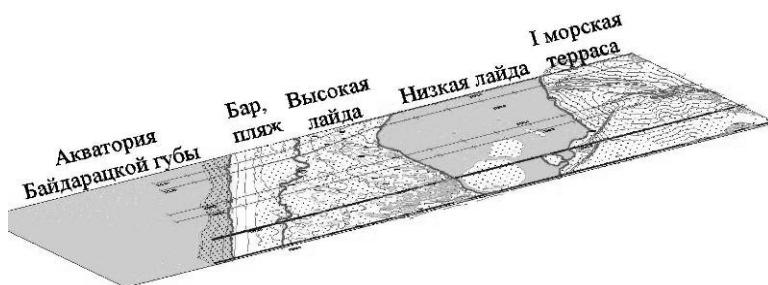


Рис. 1. Общий схематический вид исследуемой территории.

Полученные материалы свидетельствуют о сложном характере взаимовлияния криопегов и геокриологической обстановки. Формирование криопегов на низких уровнях современной морской террасы (низкая лайда, лагуны) происходит в результате криогенного метаморфизма морских вод, насыщающих во время приливов приповерхностные слои отложений. Пример разреза толщи, содержащей криопеги, приведен на рис. 2. Криогенное концентрирование определяется условиями отжатия солей из промерзающего порового раствора в породах и в этом аспекте формирование криопегов зависит от геокриологических условий – температурного режима, скоростей и величин перемещения фронтов промерзания и пр. С другой стороны, сформировавшиеся криопеги резко понижают температуру фазового перехода в породах, что в значительной мере определяет саму геокриологическую обстановку.

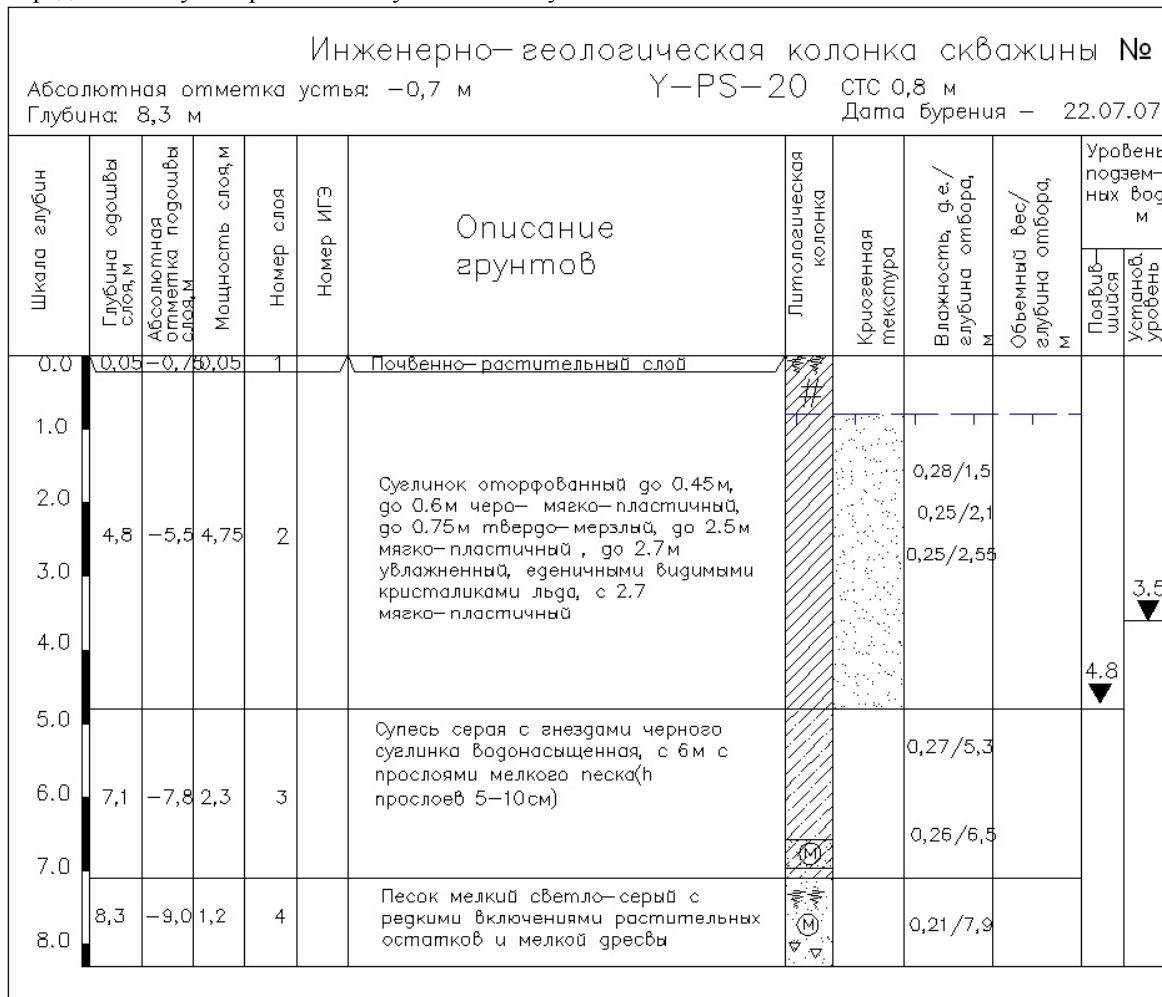


Рис. 2. Пример разреза толщи, содержащей криопеги.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Режимными термометрическими исследованиями в многочисленных скважинах установлено, что на низких (в полосе прилива) уровнях береговых участков Байдацкой губы (рис. 3) температура замерзания поровых растворов близка или несколько ниже (на 0,3–0,5°C) среднегодовой температуры пород, вмещающих эти криопеги. Таким образом, концентрирование рассолов в породах в результате многочисленных криогенных циклов происходит до тех пор, пока температура замерзания пород не достигнет величины, соответствующей среднегодовой температуре пород в наиболее холодные годы. При этом на участках с повышенной температурой грунтов (лагуны, озера), криопеги, судя по характеру температурных кривых, имеют и более высокую температуру замерзания.

Таким образом, на низких прибрежных участках породы находятся в охлажденном состоянии при среднегодовых температурах $-3 \div -6^{\circ}\text{C}$ (наиболее характерные значения $-4 \div -5^{\circ}\text{C}$) и сезонно промерзают на глубину в первые метры в зимнее время. Собственно, этот сезонно-мерзлый слой и является тем «поршнем», который осуществляет закачивание солей в массив пород. И только в пределах высокой лайды и берегового бара, не заливаемых приливами и подверженных только эпизодическим нагонным обводнениям, с поверхности развиты маломощные (от первых метров до 10–15м) многолетнемерзлые породы (ММП), содержащие лед. Формирование указанных ММП связано с распреснением поровых вод за счет инфильтрации талых снеговых и дождевых вод в летний период в породы слоя сезонного оттаивания. Засоленность пород в разрезе указанных мерзлых пород довольно быстро возрастает с глубиной, отложения становятся пластичномерзлыми и вскоре в скважинах вскрываются водонасыщенные охлажденные породы. Криопеги являются напорными и их уровень обычно соответствует или несколько превышает средний уровень моря.

Переход от участков ММП к окружающим охлажденным породам является постепенным и происходит в довольно широкой гравийной полосе, где формируются перелетки мерзлых пород и линзы криопегов, включенные в мерзлые толщи.

Криопеги в отложениях лайды, представленных сложным переслаиванием глинистых и песчаных разностей с преобладанием последних, являются единым фильтрационным потоком, движущимся в направлении моря. Причем на участках развития маломощных ММП поток становится напорным. Существуют отдельные указания на то, что этот поток криопегов на глубинах порядка 20–30м подстилается многолетнемерзлыми породами.



Рис. 3. Характерный вид участка лайды.

Рассмотренные общие закономерности распространения криопегов нарушаются на отдельных участках. Так, довольно часто при бурении отмечаются интервалы, где вскрываются мерзлые (содержащие видимые включения льда) песчаные породы, насыщенные при этом соленой водой. Указанное явление на основе анализа термометрических данных и выполненного математического моделирования может быть

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

объяснено наличием переменной температуры замерзания в разрезе пород. Исходя из общей установленной закономерности о соответствии степени криогенного концентрирования порового раствора и температуры его замерзания минимальным температурам пород, следует ожидать, что в приповерхностных слоях пород, где в зимнее время происходит наибольшее выхолаживание, формируется более высокая концентрация криопегов и более низкая температура их замерзания. В этом случае при сезонном промерзании засоленных отложений ниже фронта промерзания температурная кривая «ложится» на кривую температуры замерзания криопегов и здесь начинается образование льда в объеме пород. Поскольку градиенты температур в этом случае определяются кривой температуры замерзания в разрезе пород, плотность теплопотока, отводящего тепло объемной кристаллизации воды относительно невелика. В результате за зимний период поровая влага замерзает лишь частично. Материалы моделирования хорошо совпадают с натурными термометрическими данными и показывают, что в рассматриваемых условиях под собственно сезонномерзлым слоем формируется довольно мощный (3–5м) слой «частичного» промерзания, где объемная льдистость составляет первые проценты. В течение летнего периода оба этих слоя протаивают.

Можно ожидать, что сложное распределение температур замерзания пород по глубине может быть также связано с литологической неоднородностью разреза. При этом теоретически возможны различные, иногда весьма необычные формы взаимного расположения криопегов и сезонно- и многолетнemerзлых пород.

Наиболее важным результатом выполненных исследований, базирующимся на всей совокупности полученных данных, следует считать установление общей закономерности для низких прибрежных уровней, а именно – близости температуры замерзания криопегов к среднегодовым температурам грунтов. В этом случае, несмотря на довольно низкий общий температурный фон в породах, устойчивость геокриологической обстановки оказывается чрезвычайно низкой. Малейшие изменения условий теплообмена в породах приведут к началу промерзания охлажденных пород, сопровождающемуся многолетним пучением, или к деградации маломощных ММП с потерей несущей способности на этих участках. При этом все указанные изменения реализуются в спектре довольно низких (-4 \div -6°C) температур.

Контуры распространения криопегов в таких природных условиях могут быстро и существенно изменяться («миграция» криопегов) не только при техногенных нарушениях условий теплообмена, но и при естественноисторических климатических колебаниях.

НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Долгих Г. М., Окунев С. Н., Поденко Л. С., Феклистов В. Н.
ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень

RELIABILITY, EFFICIENCY AND CONTROLLABILITY OF THE SYSTEMS OF TEMPERATURE STABILIZATION OF A FROZEN GROUND OF THE BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS BASEMENTS

Dolgikh G.M., Okunev S.N., Podenko L.S., Feklistov V.N.
Scientific Production Company “Fundamentstroiarkos”, Tyumen

Classification of the temperature stabilization systems, and the degree of their conformity to the three basic requirements (reliability, efficiency and controllability) is considered.

На основании многолетней практики в научно-исследовательской, проектной и строительной деятельности в области оснований зданий и сооружений на многолетнemerзлых грунтах мы приходим к выводу, что любые системы температурной стабилизации грунтов должны прежде всего удовлетворять трем требованиям: **надежности, эффективности и управляемости**.

Под системой температурной стабилизации мы понимаем такой комплекс технических решений, который способен поддерживать грунты каждого конкретного основания в мерзлом состоянии, необходимом и достаточном для соблюдения устойчивости сооружения в каждом конкретном случае. При этом имеется в виду, что источником холода для функционирования системы в нормальном режиме является естественный холод, хотя могут быть и отличия, связанные с характером грунтов основания. Предполагаем также, что проектирование систем ведется грамотно, с учетом всех существенных условий окружающей среды и особенностей систем, их строительство производится без нарушения качества.

В понятие **надежности** системы мы вкладываем **сохранность её эксплуатационных характеристик** на весь требуемый срок эксплуатации сооружения за счет качества элементов системы, их ремонтопригодности и резервирования.

Эффективность системы определяем совокупностью трех связанных между собой параметров:

- **скорость влияния** источника холода на состояние грунтов основания;
- **коэффициент полезного использования** разности температур между грунтом и окружающим воздухом;
- **стоимость** строительства и эксплуатации системы.

Управляемость систем температурной стабилизации грунтов основания – это способность справляться с нестандартными ситуациями, такими как непредвиденные тепловыделения, последствия аномально теплых зим, требования скорости строительства. Совершенно очевидно, что управляемость систем опирается на использование искусственного холода и определяется готовностью системы к его эффективному использованию.

Рассмотрим вышеуказанные требования применительно к основным техническим решениям, применяемым при строительстве зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах.

1. Проветриваемое подполье. Это наиболее старое и широко используемое техническое решение. Оно в полной мере удовлетворяет требованию надежности как система температурной стабилизации грунтов основания, но очень не эффективно в сложных условиях пластично-мерзлых грунтов и совершенно не управляемо в нестандартных ситуациях.

Эффективность подполья может быть в значительной степени повышена дополнительным применением СОУ - термостабилизаторов, но неуправляемость остается. Поэтому большое количество зданий в таких городах как Норильск, Воркута, Якутск, Мирный и других испытывает деформации и многие из них находятся в аварийном состоянии.

2. Охлаждающие трубы и каналы. Практика применения таких систем разнообразна. Мы знаем только один удачный пример использования принудительно продуваемых каналов под зданием завода по ремонту КАМАЗ'ов в Якутске. Эта система выполнена из проходных каналов большого сечения, поэтому надежна и эффективна, но очень дорогая и управляемость ее ограничена только зимним периодом. Все остальные примеры естественно продуваемых трубчатых каналов отрицательны (ст. Обская, п. Ямбург, Бованенковское месторождение).

Рассольные трубчатые системы применяются американцами на Аляске для стабилизации грунтов в основаниях нефтяных резервуаров. Это насосные системы, использующие естественный и искусственный холод. Они в полной мере удовлетворяют требованиям надежности, эффективности и управляемости, но в России применение их нам неизвестно, кроме как в Мирном с использованием искусственного холода для замораживания одной из плотин.

3. Сезонно-действующие охлаждающие устройства. Имеется несколько видов СОУ, они активно применяются, совершенствуются и чрезвычайно многообразны. Все они являются термосифонами, т.е. переносят тепло снизу вверх за счет разности температур в верхней и нижней части. Классифицируем эти устройства по видам.

1) Первый вид: обычные индивидуальные термостабилизаторы, рассчитанные на строительную глубину до 10..12 м и называемые еще термосвяями, термоколонками, стабилизаторами пластично мерзлых грунтов (рис. 1).

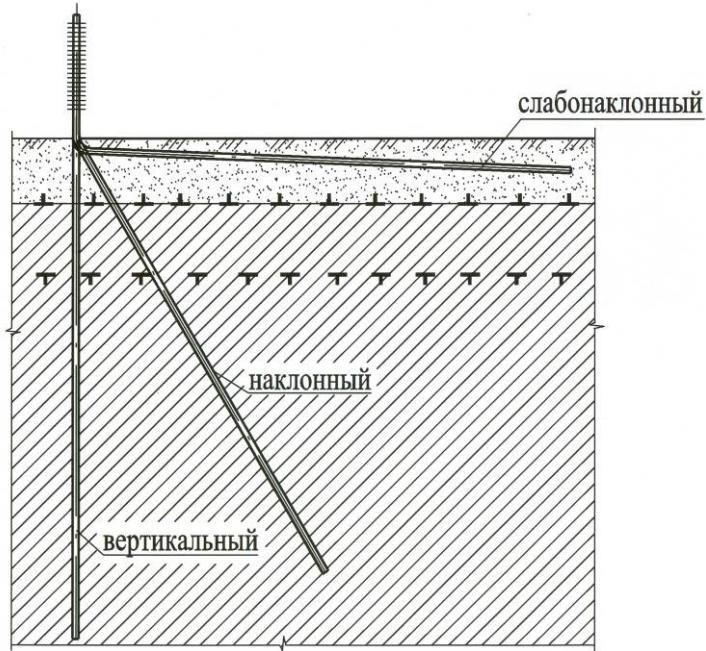


Рис. 1. Глубинные СОУ

Имеется более ста изобретений по этому виду СОУ с использованием в качестве теплоносителя керосина, воздуха и парожидкостных теплоносителей. Но развитие техники в последние 20 лет привело к практически полному вытеснению керосиновых и воздушных термостабилизаторов в пользу парожидкостных, так как они имеют несомненные преимущества по металлоемкости и эффективности.

Конструкции парожидкостных термостабилизаторов разнообразны.

«ФСА» применяет аммиачные и углекислотные варианты для увеличения несущей способности фундаментов и борьбы с выпучиванием свай. Диаметр таких СОУ 33,7 мм, сталь 09Г2С, оребрение-алюминий,

эффективность улучшена за счет промораживания только заданных горизонтов, ускоренного запуска и полного отсутствия инертных газов. Угол наклона к горизонту подземной части изменяется в различных проектах от 2...3° до 90°. Выпускаются изделия с полной заводской готовностью и монтируемые на объекте, последнее случается в условиях затрудненной доступности и при запрещениях выхода на поверхность в требуемых точках. Изделия «ФСА» имеют цельно-металлический корпус, при этом все 100 % сварных соединений выполняется автоматической сваркой во вращающемся магнитном поле с компьютерным контролем качества сварки, что обеспечивает абсолютную герметичность стыков и малую величину внутреннего и внешнего грат.

Другие предприятия выпускают подобные изделия диаметром 25, 38, 57, 76 мм. При этом часто применяется корпус из алюминиевых сплавов и нержавеющей стали, а оребрение – из обычной или нержавеющей стали.

Под зданиями рассматриваемые термостабилизаторы применяются в основном как вспомогательные средства к проветриваемому подполью и для устранения аварийных ситуаций. В качестве основного средства их применение эффективно для трубопроводов и иногда для зданий и сооружений небольших размеров. Случаи применения слабонаклонных термостабилизаторов под сооружениями значительных размеров в плане мы считаем неоправданными из-за создания существенных помех в обслуживании целевых объектов.

Что касается надежности таких термостабилизаторов, то менее всего надежны по материалу изделия из алюминиевых сплавов и из нержавеющей стали. Весь вопрос здесь в электрохимической (точечной) коррозии и в невнимании авторов к этому явлению. Длительные исследования поведения различных металлов в грунте показали, что быстрее всего подвержены электрохимической коррозии алюминиевые сплавы, а нержавеющая сталь не имеет преимуществ перед обычной сталью. В результате такой коррозии получаются аккуратные кругленькие отверстия размером до 1 мм, а одного такого отверстия достаточно для выхода из строя всего изделия. С учетом того, что трубы из обычной стали изначально покрываются антакоррозионной защитой, а трубы из нержавеющей стали предполагаются устойчивыми к коррозии, получается однозначный вывод: выход из строя термостабилизаторов из нержавеющей стали следует ожидать в ближайшие десять-пятнадцать лет после начала эксплуатации.

По вопросам управляемости индивидуальных термостабилизаторов «ФСА» после тщательных исследований пришло к выводу, что при массовом их применении искусственный холод не востребован технически и не оправдан экономически, а для ответственных сооружений с большими размерами в плане существуют более эффективные технические решения.

2) Второй вид СОУ - это горизонтальные естественно-действующие трубчатые системы «ГЕТ» (рис. 2), применяемые для крупных зданий с полами по грунту и резервуаров с опиранием на подсыпку.

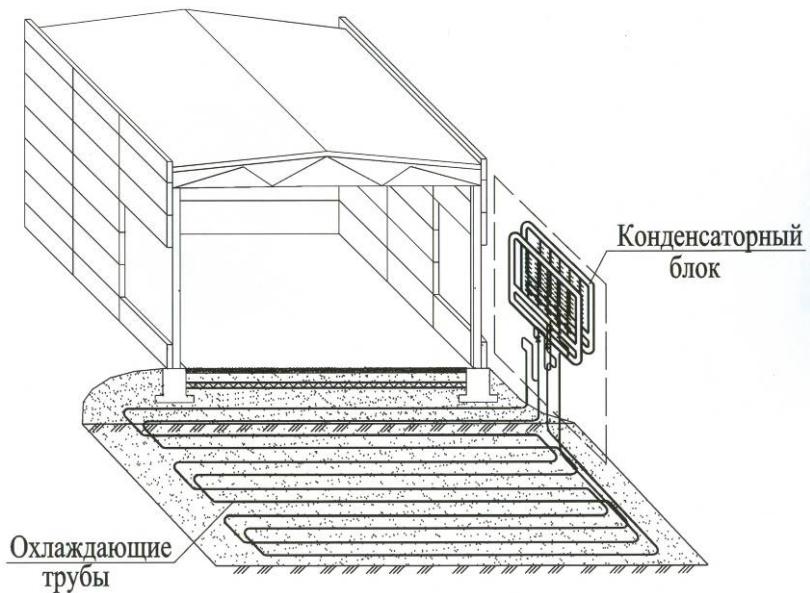


Рис. 2. Индивидуальные термостабилизаторы, рассчитанные на строительную глубину 10–12 м

Такие системы основаны на классической безнасосной схеме, применяемой в холодильной технике, и состоят из двух основных элементов: размещенная в основании сооружения сеть охлаждающих труб и соединенный с ней конденсаторный блок, расположенный над поверхностью грунта. Теплоноситель в системе – аммиак.

Применяемые сейчас единичные системы имеют общую длину охлаждающих труб около 500 м, эффективную поверхность конденсаторного блока – 110 м², ширину здания может достигать 100 м, емкость резервуара – до 100 тыс. м³, толщина теплоизоляции и площадь охлаждения единичной системы определяются расчетом.

Основные исследования таких систем были выполнены в 1986-1987 годах, первое сооружение (нефтяной резервуар 5000 м³) с системой «ГЕТ» построено в 1989 г. В настоящее время использовано в строительстве более 1000 систем «ГЕТ». Надежность здесь мы решаем резервированием охлаждающих труб, совместным применением стальных труб с усиленной защитой от коррозии и полиэтиленовых труб,

применением автоматической сварки с компьютерным контролем качества сварки и, наконец, использованием инвентарной холодильной техники. Все трубные заготовки поступают на стройплощадку готовыми к монтажу, автоматическая сварка заготовок осуществляется «полевыми» сварочными установками.

Управляемость в системах «ГЕТ» решается простым подключением инвентарной холодильной техники к резервным полиэтиленовым трубам, что очень удобно при эксплуатации объекта и не обременительно по стоимости, так как подключение происходит только в необходимых местах.

3) Третий вид СОУ - это вертикальная естественно-действующая трубчатая система «ВЕТ» (рис. 3).

Такая система отличается от системы «ГЕТ» только тем, что состоит из размещенных в необходимых расчетных точках вертикальных или наклонных до 45° охлаждающих труб, которые соединены с конденсаторным блоком соединительными трубами.

Применяется система «ВЕТ» на несливающейся мерзлоте с пучинистыми грунтами в самых различных случаях как при новом строительстве, так и при ремонтных мероприятиях.

Количество вертикальных труб в единичной системе - до 30, длина их обычно составляет 10-15 м.

Система «ВЕТ» замечательна тем, что способна осуществлять глубинное замораживание грунтов в самых недоступных местах или в тех местах, где размещение надземных элементов нежелательно или невозможно, так как все охлаждающие элементы расположены ниже поверхности грунта, а конденсаторный блок может быть вынесен на удаление от сооружения до 70 м.

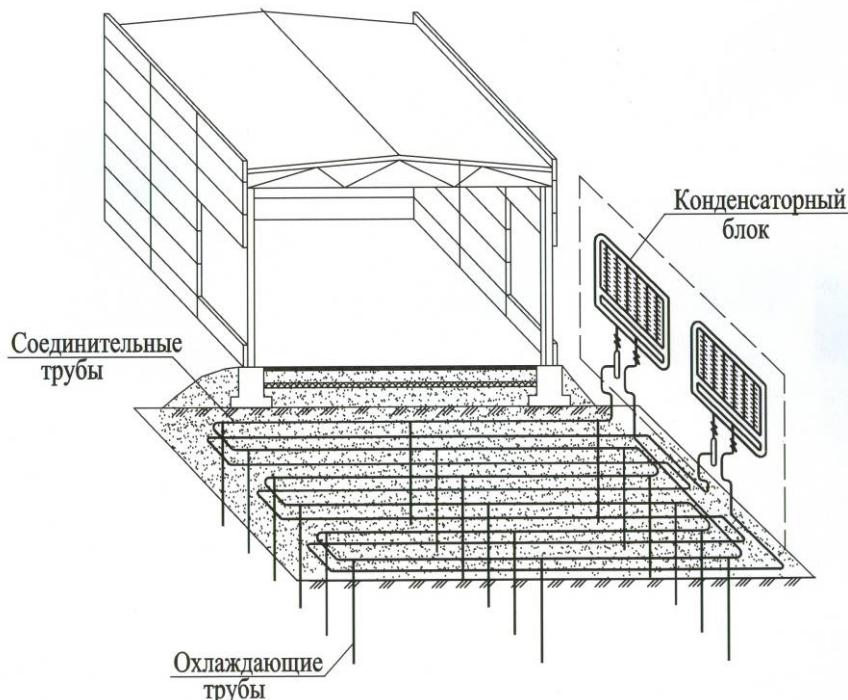


Рис.3. Система «ГЕТ»

В нашей практике были случаи, когда выполнить укрепление грунтов замораживанием с учетом приемлемых затрат можно было только системой «ВЕТ». Один из таких случаев - аэровокзал Салехард, при строительстве которого «вдруг» обнаружили глубокий «талик» под половиной здания, который необходимо было срочно заморозить.

Второй случай - цех регенерации триэтиленгликоля на Юбилейном месторождении. Здесь несколько раз меняли принцип использования грунтов основания при проектировании и в конце концов остановились на I принципе с заглубленным подпольем. После монтажа перекрытия подполья наступил перерыв в строительстве. Этот перерыв обозначил выпучивание и просадку свай из-за наличия глубокой кровли вечномерзлых грунтов и пучинистых свойств талых грунтов. После принятия решения о форсировании строительства потребовалось срочно укрепить грунты замораживанием, что и было успешно сделано с помощью систем «ВЕТ» за один зимний сезон.

4) Следующий вид СОУ- это глубинные СОУ (рис. 4).

Потребность в них появилась на фильтрующих плотинах Якутии, для обеспечения устойчивости устьев нефтяных и газовых скважин и устойчивости мостовых опор на полуострове «Ямал». На плотинах Якутии за 50 лет развития применялись самые различные конструкции СОУ. «ФСА» опробовало аммиачные и углекислотные конструкции глубиной 16, 40, 80 и 100 м. Последняя из них установлена на мерзлотном полигоне «ФСА» в Тюмени.

Все эти СОУ автономны, т.е. размещаются в вертикальных скважинах по одиночке и связаны между собой только температурными полями в грунте.

Автономные глубинные СОУ имеют один существенный недостаток, а именно: естественный температурный напор между окружающим воздухом и грунтом используется нерационально. Особенно это

характерно для районов Якутии, где скорость ветра при низких температурах очень низка, коэффициенты теплоотдачи к окружающему воздуху от конденсаторной части соответственно уменьшаются, и в результате не используется в полной мере имеющийся в природе температурный потенциал охлаждения и замораживания грунта естественным холдом.

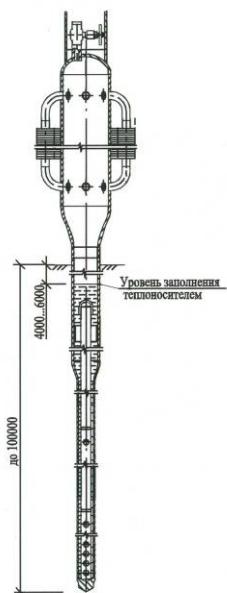


Рис. 4. Система «ВЕТ»

Последнее чрезвычайно важно для первоначального замораживания фильтрации в плотине, тогда как для последующего поддержания мерзлого состояния вполне достаточно рядовых технических решений.

В последнем проекте мы учли этот недостаток автономных глубинных СОУ и разработали **коллекторные углекислотные СОУ**, принцип действия которых аналогичен аммиачным системам «ВЕТ», а в качестве конденсаторов используются аппараты воздушного охлаждения с вентиляторным обдувом пучка оребренных труб.

Всего на одной из плотин в Якутии было запроектировано 5 таких систем с общим количеством вертикальных охлаждающих труб 210 штук. Сейчас эти системы смонтированы и мы получили первые результаты, показавшие, что ожидаемый рост эффективности использования естественного холода подтвердился.

Глубинные СОУ имеют существенные отличия от других видов СОУ как по технологии строительства, так и по характеру внутренних процессов. Мы убедились в том, что идеальным теплоносителем для глубинных СОУ является углекислота из-за чрезвычайно крутой характеристики «равновесное давление-температура».

Поэтому вся промораживаемая высота СОУ заполняется жидкой углекислотой, циркуляция которой хорошо обеспечивается ее кипением в верхней части. На Аляске американцы применяют такие же конструкции.

5) И наконец, пятый вид СОУ – это СОУ, конструктивно совмещенные со сваями и называемые еще несущими термосвяями или «холодными» сваями. Конструкции их также разнообразны, а применение характерно для сооружений с проветриваемым подпольем или на открытых площадках, причем чаще всего с керосиновыми элементами внутри бетонной оболочки. Особенностью этого вида СОУ является их низкая эффективность, пониженная надежность из-за утечек керосина и полная неуправляемость.

Обобщая вышеизложенное, мы приводим классификацию систем температурной стабилизации вечномерзлых грунтов оснований зданий и сооружений исходя из их функциональных особенностей (рис. 5).

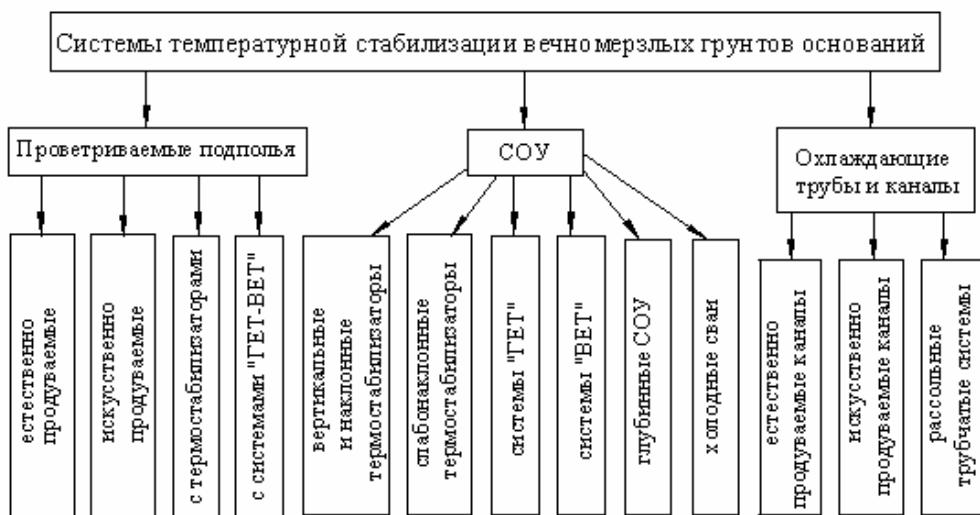


Рис.5. Классификация систем температурной стабилизации вечномерзлых грунтов оснований зданий и сооружений

Сравнивая традиционные технические решения с вариантами СОУ, приходим к выводу о безусловной привлекательности СОУ в тех случаях, когда последние могут с успехом заменить их или эффективно дополнить.

Системы «ГЕТ-ВЕТ» по всем трем сравниваемым параметрам заменяют проветриваемое подполье, трубы и каналы. Они существенно эффективнее, экономически выгодны и управляемы, но надо совершенствовать защиту от коррозии охлаждающих труб и их трубной обвязки. Мы приступили сейчас к реализации покрытия стальных охлаждающих труб металлическим цинком. Это достаточно сложное мероприятие, но оно должно полностью решить проблему сохранности охлаждающих труб в грунте на

длительные сроки. Совершенствование трубной обвязки необходимо для уменьшения бесполезных местных гидравлических сопротивлений в системах с целью повышения их эффективности.

Требует внимания также вопрос замены токсичного аммиака на более безопасный теплоноситель в целях жилищного и гражданского строительства, над чем мы постоянно работаем, но универсального решения пока не нашли.

Необходимо, кроме того, постоянно совершенствовать технологию заводского изготовления элементов систем, технологию транспорта на стройплощадки и технологию строительства систем на объектах. Многое из этого мы уже сделали, но еще больше того предстоит сделать.

ЗАВОДСКАЯ ТЕПЛОГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НЕФТИ И ГАЗА

Размазин Г.
ЗАО “Сибпромкомплект”, г. Тюмень

PRODUCTION ASSEMBLY OF OIL AND GAS PIPELINE HEAT INSULATION

Razmazin G.
JSC “Sibpromkomplekt”, Tyumen

O&G companies exploit thousands of kilometers of pipelines, built on the permanently frozen, frost heaving-affected and thawed grounds.

Pipelines' building under complete geocryological conditions determines some measures to be carried out that can improve the sustainability and that takes into account the influence of permanently frozen, frost heaving-affected and thawed grounds. The number of main pipeline sites have lost their sustainability while exploitation and floated.

It is well-known that the O&G pipelines' effectiveness and sustainability requirements are fully applied to the insulation properties, especially in the northern regions where the abundant hydro-carbonate feedstock is concentrated. This determines the main aim of work of our plant, which is specialized on the insulated pipeline systems' production, including the Siberian O&G explorations.

The specificities of heat and hydroinsulation facings are determined by the employers' requirements.

Нефтегазовые компании эксплуатируют несколько тысяч километров трубопроводов проложенных в многолетнемерзлых, сильноупучинистых и талых грунтах.

Строительство нефтегазопроводов в сложных геокриологических условиях требует принятия комплекса технических решений, учитывающих влияние многолетнемерзлых, сильноупучинистых и талых грунтов, позволяющих обеспечить их надежность эксплуатации. В процессе эксплуатации магистральных нефтегазопроводов на ряде участков трубопроводы потеряли продольную устойчивость и как результат всплыли.

По данным ООО «Институт ВНИИСТ» ежегодно только на нефтепромысловых трубопроводах происходит до 40÷70 тыс. отказов. Проблемы колосальны.

Известно, что жесткие требования по обеспечению эффективности и надежности сооружаемых систем транспорта нефти и газа в полной мере относятся и к качеству их изоляционных покрытий. И, понятно, особо надежной должна быть теплогидроизоляция нефтегазопроводов, предназначенных для эксплуатации в северных регионах (а именно здесь, как мы знаем, сосредоточена основная часть запасов углеводородного сырья в стране). Этим и определяется одна из главных задач нашего завода, специализирующегося на изготовлении предизолированных трубопроводных систем, в том числе для нефтегазовых строек Сибири.

Специфика теплогидроизоляционных покрытий систем транспорта нефти и газа диктуется условиями их эксплуатации и требованиями заказчика.

В частности, тепловая изоляция на этих объектах призвана обеспечить:

- заданное распределение температуры транспортируемых веществ по длине нефтепровода или газопровода;
- минимальный уровень тепловых потерь, а, следовательно, и затрат на подогрев транспортируемых веществ (например, вязкой нефти);
- предотвращение на заданный срок застывания нефти или конденсата при аварийной остановке работы трубопровода;
- минимизацию воздействия трубопроводов, транспортирующих нефть или газ с положительной температурой, на окружающую среду и, особенно, на вечномерзлые грунты в районах Крайнего Севера;
- поддержание безопасных температур на поверхности объектов.

Для выполнения этих функций в течение всего срока амортизации объекта теплоизоляционный материал должен сочетать в себе всю гамму оптимальных качественных показателей: низкую теплопроводность, достаточную прочность, долговечность и т.д. Большое значение имеет, в частности, такой показатель, как величина объема закрытых пор материала: чем выше “закрытость”, тем меньше возможность его водонасыщения.

Разумеется, при всех положительных технических характеристиках материал еще должен быть приемлемым по стоимости и технологичным как в условиях промышленного производства, так и в полевых. Выбор варианта теплоизоляции трубопровода производится на основе обязательного технико-экономического обоснования.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Наибольшее распространение в мировой практике теплоизоляции нефтегазотранспортных систем получили вспененные полимерные материалы. Завод применяет для этой цели наиболее качественные и сравнительно недорогие пенополиуретаны отечественного производства, не уступающие по эффективности зарубежным аналогам. Материал химически стоек к нефти, природному газу, газовому конденсату, нефтепродуктам всех видов, надежно работает в интервале температур от 80К до 400К, прочен, обладает высокими теплоизоляционными свойствами, малой водо- и паропроницаемостью (т.е. выполняет частично и функции антикоррозионного покрытия), повышенной адгезией к поверхности изолируемых изделий. Неслучайно трубопроводы с таким покрытием сохраняют свою дееспособность в течение 30 и более лет, о чем свидетельствует опыт эксплуатации аналогичных систем в западноевропейских странах.

Высокий уровень антикоррозионной защиты стальных труб обеспечивается применением качественных наружных оболочек из экструдированного полиэтилена и оцинкованной стали, нанесением эпоксидного или полиэтиленового покрытия, а также самим способом выполнения теплогидроизоляционных покрытий. Он предусматривает заливку пенополиуретана под высоким давлением в полость между рабочей трубой и надвинутой на нее оболочкой ("труба в трубе"). При затвердевании пенополиуретан намертво прикипает к стенкам обеих труб, не оставляя зазоров для проникновения воздуха и влаги.

В результате выполняемая заводом теплогидроизоляция имеет неоспоримые преимущества перед минераловатным, битумокерамзитовым и другими "традиционными" покрытиями. Это – увеличение срока эксплуатации трубопроводов в 2–3 раза, сокращение теплопотерь в несколько раз, снижение эксплуатационных затрат, увеличение темпов строительства и многое другое.

Наиболее эффективны при этом предизолированные системы полной комплектации. Мы выполняем теплогидроизоляцию не только труб, но и всех других элементов трубопроводов: тройников, переходов, отводов (в том числе с малыми радиусами гиба), опор, компенсаторов и т.д.; производим конструкции с элементами систем линейного электрообогрева и систем контроля за состоянием теплоизоляции, детали изоляции стыков. Наличие полного комплекта предизолированных составных частей сооружаемого объекта позволит не только ускорить строительство, но и повысить его надежность, ведь безаварийная эффективная работа трубопроводной системы гарантирована лишь при том условии, что на всем ее протяжении нет ни одного слабого звена.

В настоящее время завод имеет возможность производить за год до 700 километров предизолированных систем разных диаметров, что позволяет осуществлять масштабные строительные проекты. Но главным для нас было и остается обеспечение максимальной надежности и качества продукции.

Все основные операции технологического цикла на нашем заводе выполняются только индустриальными методами, на высококлассном оборудовании, в составе которого современные автоматизированные установки для нанесения антикоррозионных и теплоизоляционных покрытий, изготовления металлических и полиэтиленовых оболочек, резки и сварки труб и т.д. Особое внимание уделяем обработке стальных заготовок. Производится тщательная сушка и очистка труб и деталей с применением обжига в газовых печах, мощных дробеметных установок и щеточных машин. Этим гарантируются наилучшие условия для нанесения изоляционных покрытий.

Внедрен непрерывный пооперационный контроль за соблюдением технологических норм и требований на всех стадиях производства. Проверяются режимы работы печей обжига, качество очистки труб, толщина нанесенных эпоксидных покрытий, диэлектрическая сплошность гидроизоляции каждой трубы и т.д. Качество готовых изделий систематически контролируется лабораторными испытаниями. Все это практически полностью гарантирует точное соответствие выпускаемых изделий заданным параметрам и стандартам.

Важной задачей считаем сохранение продукции при погрузке, транспортировке и приемке ее в пунктах назначения. Случалось, отдельные трубы попадали на трассу с вмятинами, выбоинами и т.п. Разумеется, это могло произойти и по вине строительных организаций, но претензии, как правило, предъявляли заводу.

Коллектив принял меры, чтобы исключить порчу изделий в пути и на перевалочных базах. Разработаны и изготавливаются прочные деревянные контейнеры для перевозки на дальние расстояния труб малого диаметра, кривых, компенсаторов и т.д., имеем также возможность отправлять продукцию специально оборудованным железнодорожным и автомобильным транспортом. При этом тяжеловесные трубы укладываются на обрезиненные ложементы и поролоновые маты, стойки кузовов и железнодорожных платформ оснащены амортизаторами из транспортерной резины.

Результаты нашей работы отмечены положительными отзывами заказчиков и экспертов. Действующая на предприятии система обеспечения качества производства и поставки продукции сертифицирована по ИСО 9001, т.е. признана соответствующей международным стандартам.

Главными показателями качества своей продукции считаем сложившиеся прочные связи со многими заказчиками и неуклонное расширение рынка сбыта. Изделия завода уже не один год успешно используются на газовых и нефтяных промыслах Тюменского Севера, находят широкое применение во многих регионах страны и ближнем зарубежье.

При этом сотрудничество с нефтегазостроителями не ограничивается своевременным изготовлением уже запущенных в серию изделий. Коллектив постоянно нацелен на внедрение передовых технологий. Современное техническое обеспечение, высокая квалификация персонала позволяют предприятию в короткие сроки осваивать выпуск новых видов продукции и совершенствовать ее в соответствии с потребностями заказчиков.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Коллектив завода готов принять участие в реализации новых проектов, удовлетворить самые высокие требования по производству предизолированных трубных конструкций для нефтегазопроводных систем.

АКТУАЛЬНЫЕ И, ПО-ВИДИМОМУ, НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КРИОСФЕРЫ

Суховей Ю. Г., Петров С. А.

Филиал ГУ «НИИ клинической иммунологии» СО РАМН, г. Тюмень;

НИИ общей и прикладной криологии ТюмГНГУ и ТНЦ СО РАН, г. Тюмень;

Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень

ACTUAL AND, APPARENTLY, THE MOST PERSPECTIVE DIRECTIONS IN STUDYING OF HUMAN HEALTH IN NORTH CONDITION

Sukhovei Y.G., Petrov S.A.

Tyumen branch of the State Institution Scientific Research Institute of Clinical Immunology of Siberian

Department of Russian Academy of Medical sciences

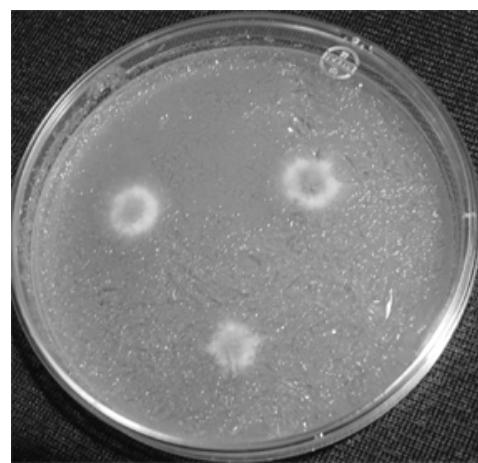
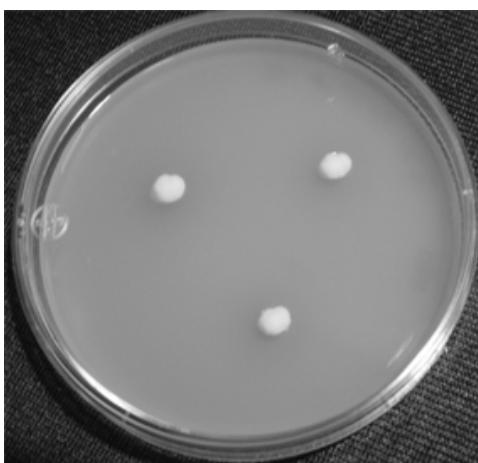
Scientific Research Institute of General and Applied Cryobiology of Tyumen State Oil-and-Gas University

Institute of Earth cryosphere of Siberian Department of Russian Academy of sciences

Vladimir Melnikov induces regular meetings of cryobiologists, glaciologists, biologists and physicians at annual international conferences in Puschchino, Tyumen, Salekhard cities during last 5 years. Head of Earth Cryosphere Institute (SB RAS), RAS Academician, he promoted the interest development of scientists from various countries to study microbiological constituent of permafrost. The certain successes on studying the microbic contents in 4-kilometer depth lacustrine ice of Vostok lake, frozen rocks and ice of Arctic regions which are isolated from a superficial environment for hundreds of thousands years, absence of light, low temperature, and the lowest contents of organic substances are achieved. However the data about influence of relic microorganisms on the vital functions of human and animals that live in this geocryological conditions is poor enough. The problem intensifies now, because in the last years of permafrost degradation, the constant liberation of relic microorganisms to the environment and their inclusion in the "food interactions" (fish-human, moss-reindeer-human) practically without any thermal processing is occurred.

Регулярные встречи криологов, гляциологов, биологов и медиков на ежегодных международных конференциях в гг. Пущино, Тюмень, Салехард, индуцированные на протяжении последних 5 лет академиком РАН Мельниковым В. П. способствовали развитию интереса ученых различных стран к изучению микробиологической составляющей многолетних мерзлых пород. Достигнуты определенные успехи по изучению микробного содержания в озерном льду озера Восток, погребенном под 4-километровым Восточно-антарктическим ледовым панцирем, мерзлотных породах и льдах Арктики, которые характеризуются изоляцией от поверхностной окружающей среды в течение многих сотен тысяч лет, отсутствие света, низкой температуры, крайне низким содержанием органических веществ. Однако очень мало данных, указывающих на влияние реликтовых микроорганизмов на жизнедеятельность человека и животных, проживающих в данных геокриологических условиях. Проблема усиливается тем, что в последние годы в результате деградации вечной мерзлоты происходит постоянное высвобождение реликтовых микроорганизмов в окружающую среду и включение их в короткую пищевую цепь «рыба-человек», «ягель-олень-человек» практически без какой-либо термической обработки. Остается ряд нерешенных вопросов, важных для понимания влияния реликтовых микроорганизмов на здоровье населения:

По-прежнему загадочным остается механизм сохранения микроорганизмов в вечной мерзлоте в течение многих сотен тысяч лет. В его раскрытии очень важно принимать в расчет условиях их существования: отсутствия света, низкой температуры, крайне низкого содержания органических веществ. В частности теперь не вызывает сомнения способность реликтовых микроорганизмов не замерзать при отрицательной температуре вечной мерзлоты, а наоборот активно расти (на рисунке 1 показан рост их при температуре -5°C в питательной среде: слева – переохлажденной; справа – в замороженном состоянии).



Очень важным представляются дальнейшие исследования, направленные на идентификацию микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, сиквенс ДНК (отрезок 2% представляет собой различие в гомологии нуклеотидных последовательностей).

Безусловно, заслуживает внимание изучение микробиологических свойств реликтовых микроорганизмов и включение их в сложные биологические системы «микроорганизм-макроорганизм». Представляется практический интерес вклад реликтовых микроорганизмов на симбиотические и антагонистические взаимосвязи в биоценозе кишечника, морфо-функциональное состояния иммунной системы, а в контексте регулирующих систем на весь этот блок – иммуно-нейро-эндокринный. Очевидно в настоящее время можно говорить о концепции возможного переноса свойств (криоустойчивость, продолжительность жизни и пр.) микроорганизмов мерзлых пород и льдов на сложные биологические системы, в том числе человека.

Пока вне поля внимания медиков и биологов остаются проблемы деградации вечной мерзлоты в результате чего происходит постоянное высвобождение реликтовых микроорганизмов в окружающую среду и включение их в короткую пищевую цепь коренного населения Севера («рыба-человек», «ягель-олень-человек») практически без какой-либо термической обработки. Поиск реликтовых микроорганизмов в сложных биологических системах (рыб, животных, человека) может в какой-то мере приоткрыть процессы циркуляции микроорганизмов.

С позиции современного понимания регуляции всех органов и систем в живом сложноорганизованном биологическом организме следует продолжить работы по изучению состояния иммuno-нейро-эндокринной систем у коренного населения Севера. Тем более имеются результаты, характеризующие цитогенетический (хромосомные) гомеостаз (рост уровня хромосомных аберраций), состояние иммунной системы (снижение CD4+ и CD16+ субпопуляций лимфоцитов, повышение показателей гуморального звена иммунитета), высшей нервной деятельности (доминирование правого полушария) у них, что согласуется с результатами собственных исследований Отдела протекторных механизмов репродуктивных систем криосферы земли Института криосферы Земли СО РАН полученные в эксперименте на культуре иммунокомпетентных клеток, лабораторных мышах, мухах дрозофилы, инфузориях.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В КРИОЛИТОЗОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ГИС БОВАНЕНКОВСКОГО НГКМ)

Черняков О.В., Староверов О.Н.
ОАО «ВНИПИгаздобыча», г. Саратов

GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF DESIGN AND EXPLORATION WORKS IN CRYOLITHOZONE (BY THE EXAMPLE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF BOVANENKOVO GAS-OIL-CONDENSATE FIELD)

Chernyakov O.V., Staroverov O.N.
OJSC “VNIPIGazdobycha”, Saratov

Geographic information systems (GIS) creating at the stage of design and exploration works allows the more accurate defining of technogenic impact on permafrost. It's necessary in order to implement the economically efficient and environmentally friendly technical solutions while developing gas fields located in permafrost area.

This work deals with the technique of Yamal gas complex GIS creating by the example of Bovanenkovo gas-oil-condensate field.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Создание геоинформационных систем (ГИС) на стадии проектно-изыскательских работ позволяет более точно определить воздействия техногенных нагрузок на многолетнемерзлые породы. Это необходимо для разработки экономически эффективных и экологически безопасных технических решений при освоении газовых месторождений расположенных в криолитозоне.

В ОАО «ВНИПИгаздобыча», в сотрудничестве с ООО «Надымгазпром», ведутся работы по создания ГИС объектов Ямальского газового комплекса. В качестве первоочередного объекта для создания геоинформационной системы выбрано Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ).

Предполагается поэтапное развитие ГИС Бованенковского НГКМ, которая в окончательном виде будет включать в себя следующие основные модули:

- Инженерные изыскания;
- Экология;
- Землепользование;
- Проектные решения;
- Инженерные сооружения;
- Технологическое оборудование;
- Геотехника;
- Скважинный фонд.

На данном этапе уже создан модуль «Инженерные изыскания» и ведутся работы по созданию модуля «Экология».

Создаваемая геоинформационная система состоит из трех основных компонентов:

1. Хранилище данных
2. Инструментальные ГИС
3. Средство публикации

В качестве хранилища данных выбрана СУБД Oracle, с модулем пространственных данных Spatial. Это одна из немногих промышленных СУБД позволяющая одновременно хранить пространственные и атрибутивные данные. Работу с Oracle поддерживают все наиболее известные геоинформационные системы, такие как ArcGIS, MapInfo, GeoMedia, AutoCAD Map 3D и др., что позволяет избежать зависимостей от одного производителя программного обеспечения.

Для наполнения и редактирования базы данных используются инструментальные ГИС. В качестве таковых мы остановились на AutoCAD Map 3D и MapInfo. Выбор обусловлен тем, что основной объем данных хранится в формате данных программ – DWG, TAB, MIF/MID.

Доступ к данным конечных пользователей осуществляется по сетям Intranet / Internet с помощью программы Autodesk MapGuide.

Для групп пользователей планируется создать специализированные рабочие места со своим набором слоев и функций, такие как «Изыскатель», «Эколог» и т.д. Это позволит увеличить скорость работы системы, избежать перегруженности карт информацией, не являющейся существенной для конкретных групп пользователей, с соблюдением требований безопасности, предъявляемые к работе с конфиденциальными материалами.

Остановимся более подробно на уже созданном модуле «Инженерные изыскания». В качестве картографической основы использовались топографические карты масштаба 1:100000 и космоснимки Landsat 7 с разрешением 15 метров. Для наполнения базы данных ГИС использовались материалы инженерных изысканий, выполненные Управлением инженерных изысканий ОАО «ВНИПИгаздобыча» и субподрядными организациями, такими как ОАО «ПНИИИС», ФГУП «Фундаментпроект» и другими. Данные материалы включают: ситуационные планы М 1:10 000 – М 1:25000, обзорные схемы М 1:50000 – М 1:100000, топографические планы М 1:500 – М 1:5000, геокриологические карты (рис.1),



Рис. 1

карты фактического материала с информацией по скважинам, материалы геологических и гидрологических изысканий, генпланы (рис.2).



Рис. 2

Вся информация была сведена воедино, были исправлены все встреченные ошибки и нестыковки. Материалы инженерных изысканий были дополнены фотоматериалами.

Данные в геоинформационной системе представлены в виде тематических слоев. При создании классификатора слоев использовался отраслевой стандарт ОСТ 68-3.7.1-03 «Цифровые модели местности. Каталог объектов местности. Состав и содержание» [1].

Организована связь объектов ГИС с внешними документами: чертежами (рис.3),

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

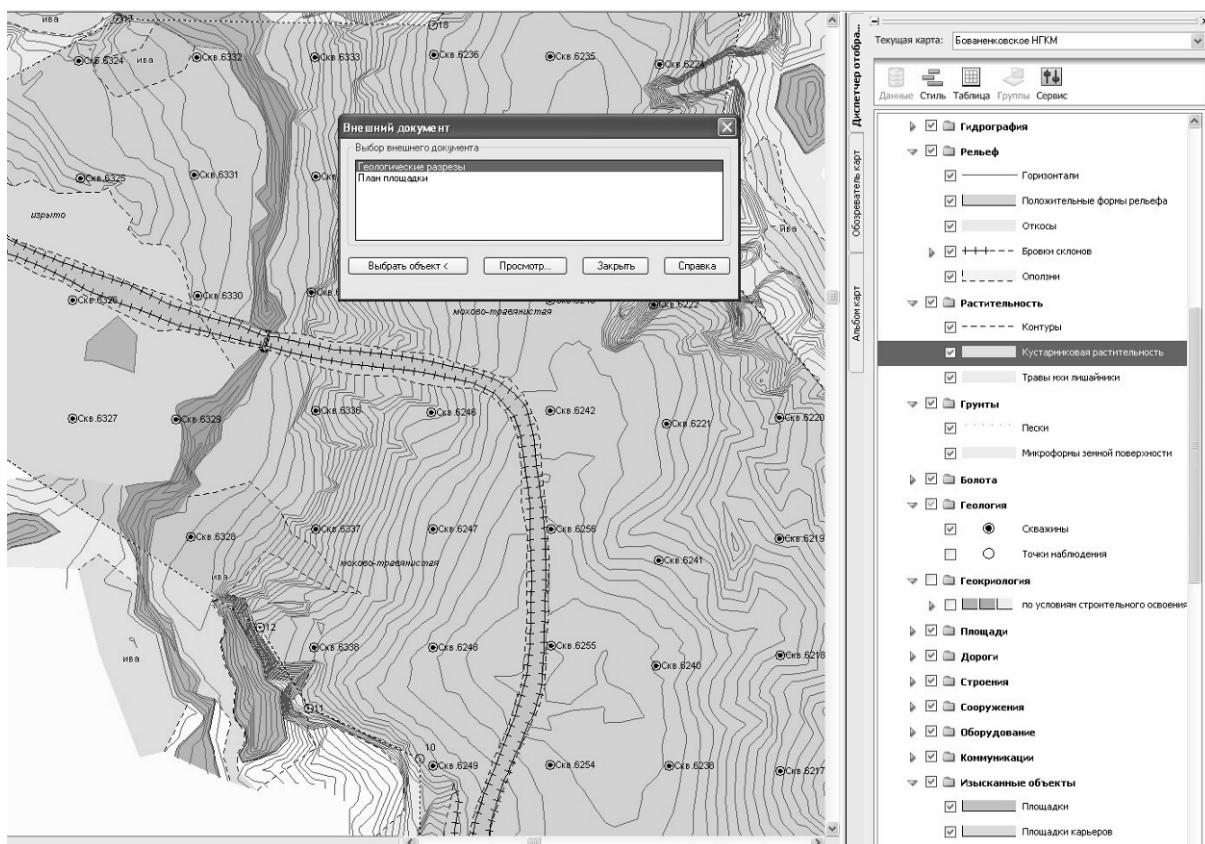


Рис.3

текстовыми документами, электронными таблицами и растровыми изображениями (рис.4).

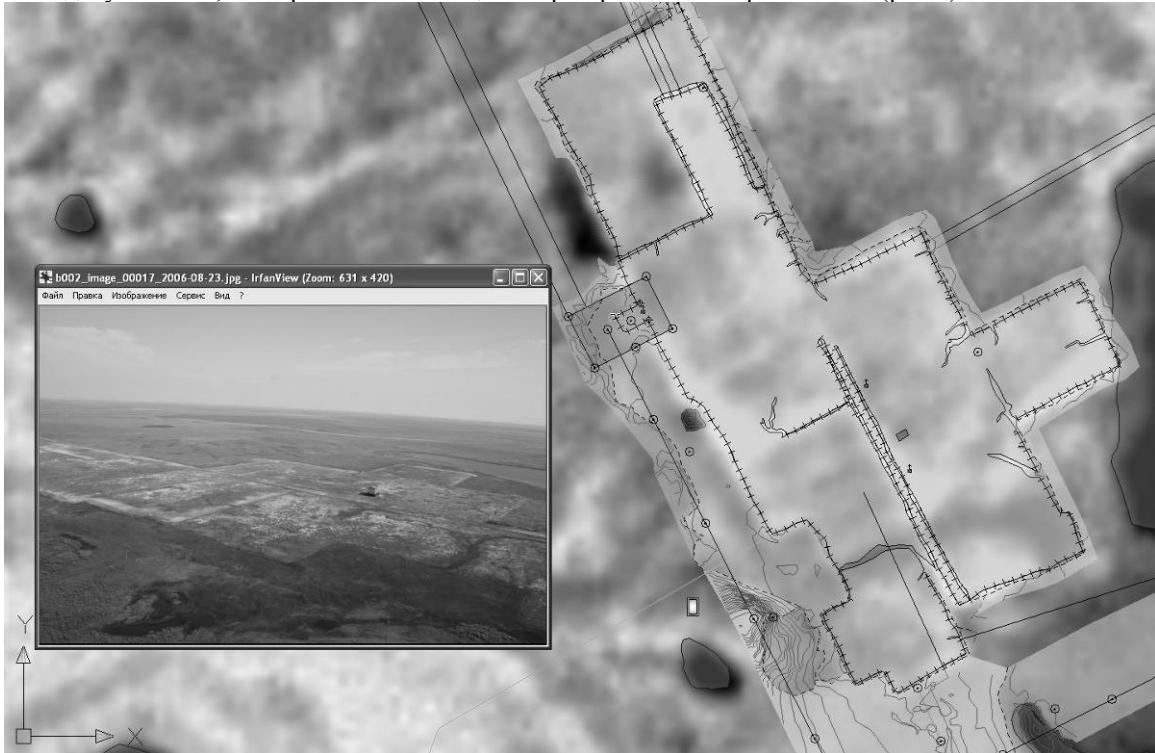


Рис. 4

Вызов внешних документов возможен как из системы электронного документооборота TDMS, для сотрудников ОАО «ВНИПИГаздобыча», так и из файлового хранилища при передаче ГИС заказчику. При недостаточности картографического материала, есть возможность просмотра объектов ГИС в программе Google Earth и импорт полученного изображения в геоинформационную систему.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ОСТ 68-3.7.1-03. Цифровые модели местности. Каталог объектов местности. Состав и содержание / М: ЦНИИГАиК, 2003.

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТРАССЫ СТРОЯЩЕЙСЯ НОВОЙ ЛИНИИ
ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НАРЫН-ЛОГУКАН В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Шестернев Д.М.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита.

**FEATURES GEOCRIOLOGY OF CONDITIONS OF A LINE OF A BUILDED NEW LINE OF THE
RAILWAY NARIN-LOGUCAN IN TRANSBAIKALIAN**

Shesternev D.M.

**The Russian Academy of Sciences, The Siberian Department, Institute of Natural Resources, Ecologies and
Cryology, Chita.**

In the report by results of researches the natural conditions rather poorly investigated Gazimurscogo geocriology of area are characterized. Results of researches of a temperature mode of breeds for the first time are given and are executed the analysis of their formation in conditions of global change of a climate. The features of change of a cryogenic structure, content ice in soil and thermal deposit of breeds of various genesis and age are considered, the changes of depths to lie down of the top border cryolitozone's with the account lithological of structure of breeds are shown. The attention to transition of a layer of seasonal thawing in a layer seasonal to freeze, connected with increase last decades middle to years of temperatures of air is inverted. Is in summary considered kinetics of cryogenic processes in conditions of change of a temperature mode and structure cryolitozone's. The work is executed within the framework of the International polar year, project "Thermal State of Permafrost in Russia: The Contribution to an International Network of Permafrost Observatory"

Территория строящейся новой линии железной дороги Нарын-Логукан расположена преимущественно в Газимурском геокриологическом районе Шилкинско-Аргунской геокриологической области Забайкальского геокриологического региона II порядка.

Специальных исследований геокриологических условий данной территории практически не проводилось. Отрывочные сведения о температурном режиме были получены при разведке месторождений полезных ископаемых и при проведении мелкомасштабной гидрогеологической съемки в 50–60-х годах прошлого столетия. Эти данные, а также данные полученные с использованием математических моделей, как правило, являлись основой для районирования геокриологических условий в Восточном Забайкалье. В то же время можно считать общепризнанным фактом то, что с начала 60-годов прошлого столетия и до настоящего времени среднегодовые температуры воздуха в Забайкалье постоянно повышаются, изменяется структура и количество атмосферных осадков, других климатических параметров.

О влиянии глобального изменения климата на геокриологические условия опубликовано большое количество работ. Кроме того, практически все программы геокриологических Российских и Международных конференций предусматривают обсуждения влияния этого аспекта на эффективность освоения криогенных ресурсов криолитозоны. Не является исключением и программы Международного полярного года, в том числе и программа, посвященная организации исследований динамики температурного поля криолитозоны нашей планеты. Для арктических областей криолитозоны массивы данных по динамике температурного поля, полученные ранее, характеризуются значительным объемом. Наряду с этим, в этих областях до настоящего времени сохранилось большое количество ранее специально оборудованных термометрических пунктов глубиной от 10 до 100 м. и более, что позволяет и сейчас продолжать эти исследования.

В низко- и среднегорных горно-складчатых областях криолитозоны Юго-Восточного Забайкалья до настоящего времени стационарных натурных исследований температурного режима криолитозоны не проводится. В то же время эта территория в течение 2-х – 3-х десятилетий станет отличаться наиболее развитой, современной промышленно-гражданской инфраструктурой. В связи с этим лабораторией Общей криологии ИПРЭК СО РАН в ходе проведения инженерных изысканий и в соответствии с Программой фундаментальных исследований СО РАН кинетики и механики криогенных процессов и явлений в условиях глобального изменения климата, а также в рамках Международного полярного года, (Проекты: № 50 «Permafrost observatory Project: Thermal State of Permafrost» и № 799 «Thermal State of Permafrost in Russia: The Contribution to an International Network of Permafrost Observatory») был выполнен комплекс работ по изучению современных инженерно-геокриологических условий территории и оборудованию пионерной сети термометрических пунктов, которая станет основой создания многоцелевого инженерно-геокриологического мониторинга проектируемого горно-геологического экономического района, создаваемого в пределах Юго-Восточного Забайкалья.

Климат района исследований резко континентальный, суровый. Среднегодовая температура воздуха - 4,4°C, однако среднее ее значение за 3-4-ре десятилетия значительно повысилось. Зима продолжительная, холодная. Средняя температура воздуха января, наиболее холодного месяца -27,7°C. В 2008 году температура воздуха в январе достигала минус 51 °C, что является для данной территории абсолютным минимумом. Устойчивый снежный покров формируется в конце первой декады ноября и разрушается в первой декаде марта.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Мощность снега в среднем достигает 15-20 см. Лето жаркое и сухое. Днем температура воздуха достигает 20-25, ночью опускается до 8-12°C. Абсолютный максимум температуры воздуха июля, самого теплого месяца 36°C. Осенью и весной ночные заморозки часто достигают минус 8°C. Общее количество осадков 200-250 мм, до 80% которых выпадает в теплый период года.

Газимурский горно-долинный район, в кайнозое развивался в обстановке умеренных восходящих движений. В результате здесь сформировался горный рельеф. Он представлен средневысотными и низкими субпаралельными хребтами северо-восточного простирания: Нерчинским, Урюмканским, Газимурским и Боршовочным. Амплитуда поднятия доплиоценовой поверхности Газимурского района составляет 400-700 м., высота гор достигает преимущественно 900-1000, значительно реже 1200-1400 м. над уровнем моря. Рельеф рассматриваемой территории отличается большой крутизной склонов, часто превышающей 15-20°. Эрозионное расчленение колеблется преимущественно от 0,3 до 0,6 км/км².

В геологическом строении территории принимают участие нижне-среднекембрийские породы быстринской и алтачинской свит, нерасчлененные нижне-среднеюрские породы и преимущественно полигенетические четвертичные образования.

Породы быстринской свиты, представлены светлоокрашенными массивными, реже слоистыми или брекчииевидными доломитами или мраморизованными известняками, переслаивающимися с филлитовидными сланцами и известковистыми песчаниками. В разрезе пород алтачинской свиты преобладают метаморфизованные песчаники, филлиты и филлитовидные сланцы, алевролиты. В толще юрских отложений развиты переслаивающиеся глинистые сланцы, аргиллиты и песчаники.

Комплекс средне-верхнечетвертичных отложений развит в пределах надпойменных речных террас высотой до 3-10 м. Состав отложений преимущественно песчано-галечниковый с прослойями суглинков. Чаще всего отложения перекрыты сверху глинистыми грунтами мощностью до 1-3 м. Общая мощность аллювиальных отложений надпойменных террас колеблется от 3-5 до 10 м.

Современные четвертичные отложения представлены элювиальными, делювиальными, делювиально-солифлюкционными, делювиально-пролювиальными, и аллювиальными русловыми и пойменными образованиями.

В составе элювиальных отложений, развитых в пределах плоских водоразделов, преобладают глыбово-щебнистые образования с различным содержанием супесей и суглинков. Мощность отложений практически не превышает 4-5 м. Делювиальные и делювиально-солифлюкционные шлейфы, залегающие у подножий горного обрамления долин рек, представлены супесчано-суглинистыми отложениями со щебнем и дресвой до 20-30 процентов. В верхней части склонов шлейфы имеют мощность 1-3 м. и перекрывают элювиальные образования, в нижней части склонов достигают до 10-20 м, перекрывая отложения пойменных и надпойменных террас. Делювиально-пролювиальные отложения слагают конуса выноса в устьевых частях временных водотоков, развитых в мелких долинах временных водотоков и падях. Они сложены преимущественно слабо окатанными глыбами, щебнем и дресвой с супесчано-суглинистым заполнителем. Мощность отложений колеблется преимущественно от 5 до 15 м., в устьевых частях крупных падей могут достигать 20-30 м. Русловые аллювиальные отложения представлены песчано-галечниковыми, пойменные – песчано-галечниковыми образованиями, перекрытыми слоем песчано-супесчаных или суглинистых отложений мощностью до 1-3 м.

Речная сеть территории строительства железной дороги представлена реками Газимур, Ушмун, Бырка и их притоками. Долины рек преимущественно с V и U – образным или ящиковидным профилем. Они, как правило, маловодные, с резким колебанием уровня. Зимой подрусловой поток рек на большой протяженности полностью перемерзает, что приводит к формированию речных наледей.

Основными типами местности в Газимурском геокриологическом районе являются: горная лиственничная тайга, степи и мари. Леса горной тайги занимают пространства от днищ межгорных впадин и аллювиальных равнин и покрывают склоны и водоразделы. Существенное влияние на распределение растительного покрова оказывает экспозиция склонов. На южных склонах («солцепеках»), как правило, тайга отсутствует. Здесь распространена степная растительность с маломощным дерново-почвенным покровом. В результате интенсивного развития десерпции на южных склонах преобладает микротеррасовидный рельеф.

Мари чаще всего встречаются в устьевых частях и в верховьях притоков р. Газимур, в пределах распространения комплекса пойменных и надпойменных террас, в выположенных частях горного обрамления р. Газимур и конусах выноса временных водотоков. Мари характеризуются наличием болотно-торянистых почв, развитым сплошным покровом осок и вейника, а также сфагновых мхов. Поверхность марей бугристо-кочковатая, трудно проходимая для автотранспорта.

Таким образом, район исследований отличается весьма пестрыми природными условиями, определяющими динамику и закономерности развития криолитозоны. Данные, полученные, в результате проведения полевых исследований позволили выявить существенные ее изменения, вызванные глобальным изменением климата. Особенно это проявилось в изменении температурного режима криолитозоны (таблица), ее строении по разрезу, площади распространения, кинетике и механике криогенных процессов.

Полученные результаты измерения температур пород, массовая проходка скважин глубиною до 7-10 и более метров, показала, что в настоящее время криолитозона сплошного типа в районе исследований встречается только на склонах северной экспозиции и марях. Во всех остальных случаях отмечается наличие криолитозоны несливающегося типа. Ее кровля залегает на глубинах от 5 до 12 м. Увеличение глубины кровли

криолитозоны зависит при прочих равных условиях, от дисперсности отложений. В пределах распространения супесчаных отложений кровля находится на глубине 5–6, суглинистых – 6–7, песчаных – 10–12 м. Подошва слоя сезонного промерзания соответственно вскрыта на глубинах 3,0–3,5; 2,5–3,0 и 3,5–4,0 м. Отсутствие многолетнемерзлых пород установлено в устьевых частях постоянных водотоков, впадающих в реки Ушмун, Газимур и др. Таким образом, деградационный характер развития криолитозоны в Газимурском геокриологическом районе, как и на территории всего Центрального и Южного Забайкалья, в связи с глобальным изменением климата не вызывает сомнений.

Таблица. Результаты исследований температурного режима пород в Юго-Восточном Забайкалье (Долина реки Газимур, 10–15 января 2008 г.)

Элемент рельефа, № скважины	Глубина замера (м), температура пород (t °C)							
	0	0,5	1,0	2,0	3,5	5,0	7,5	10,0
Пологий склон, № 1сэ	-25,1	-13,3	-6,2	-2,4	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4
Склон средн. крут. № 2сэ	-30,5	-24,5	-15,1	-3,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,9
I н/т р. Газимур, № 2с	-23,8	-12,1	-4,2	-0,2	+0,3	+0,9	-0,2	-0,2
II н/т р. Газимур, № 3с	-27,2	-15,1	-3,3	-0,8	+0,1	+0,7	-0,3	-0,2
III н/т р. Газимур, № 4с	-21,6	-12,6	-9,8	-2,2	+0,2	+0,1	0,0	-0,3
II н/т р. Газимур, № 2	-24,2	-16,7	-9,5	-3,1	+0,3	-0,4	-0,8	-0,4
Лев.б. руч. Гирджи, № 3	-17,7	-9,5	-5,0	-3,4	-2,0	+0,6	+1,4	+0,4
Пр.б. руч. Гирджи, № 4	-15,7	-5,6	-2,5	-1,5	+0,6	+1,6	+2,6	+2,3
Марь, I н/т р. Газимур, № 6	-17,5	-4,9	-3,8	-1,1	-0,4	-0,2	-0,3	-0,2
Падь Депокая, к.В. № 10	-16,3	-14,5	-6,7	-1,2	-0,5	+0,5	+0,8	+0,5

Примечание: сэ и с – соответственно необсаженные скважины на склонах северной экспозиции и в пределах надпойменных террас; лев.б и пр.б. – левый и правый борт ручья.

Основными типами криогенных текстур четвертичных отложений, которые будут использованы в качестве оснований железной дороги являются корковые, массивные и шлировые (рисунок, а–г), но их виды и разновидности характеризуются существенно большим разнообразием.

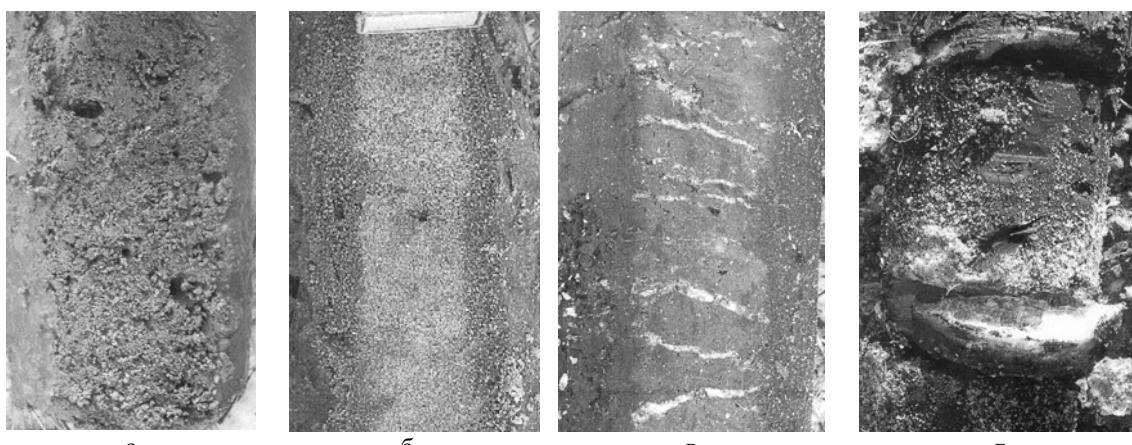


Рис. Основные типы криогенных текстур четвертичных отложений:

- а - корково-массивные (делювиально-пролювиальные, песчано-дресвяные),
- б - массивные (аллювиальные пески), в - тонко и среднешлировые (делювиально-солифлюкционные суглинки), г - толстошлировые (озерно-болотные суглинистые обогащенные органикой илы).

В крупнообломочных склоновых и аллювиальных с песчаным заполнителем отложениях преобладают корково-массивные, с супесчаным – корково-линзовидные, с суглинистым корково-шлировые. В этом же направлении изменяются и коэффициенты оттаивания отложений от 0,0015 до 0,02 д.ед. Льдистость песчаных отложений настолько незначительна, что коэффициенты оттаивания практически равны нулю. Значительно большего внимания при строительстве должно быть уделено озерно-аллювиальным равнинам с широким развитием морей и делювиально-солифлюкционными шлейфами. Льдистость озерно-болотных отложений с развитыми толстошлировыми криогенными текстурами изменяется от 0,4 до 0,5, делювиально-солифлюкционных отложений с тонко-среднешлировыми текстурами – от 0,2 до 0,4 д.ед. Несомненно, что грунты оснований, представленных перечисленными генетическими типами отложений, при оттаивании будут подвержены значительным деформациям.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

На территории исследований встречается большое количество различных физико-геологических криогенных процессов. Однако существенно активизировались только те, которые характеризуются гидротермической природой развития: пучение, осадки, термокарст, морозобойное растрескивание и наледи.

В последние годы начала преобладает пораженность территории исследований буграми пучения инъекционного типа (гидролакколитами) в сравнении с площадью развития миграционно-сегрегационных бугров пучения. По-видимому, это связано с широким формированием криолитозоны несливающегося типа. Активизировались также термокарстовые процессы, о чем свидетельствует увеличение количества термокарстовых озер и блюдцеобразных понижений на участках развития морей. В пределах надпойменных террас, сложенных с поверхности суглинистыми отложениями получило широкое развитие морозобойное растрескивание. Ширина полигонов растрескивания, как правило, 3–5 м, ширина трещин составляет 10–15 см, глубина – достигает 1,5–2,0 м. Особо следует отметить активизацию наледеобразования в полосе предполагаемой трассы железной дороги. Причем появление наледей связано преимущественно с разрушением гидролакколитов. При разрушении наледей наблюдается постепенное заболачивание территории, приводящее к активизации процессов пучения.

Полученные результаты показывают, что исследование геокриологических условий не должно быть закончено по завершению изысканий и строительства железной дороги. Это следует из того, что продолжение изучения динамики и закономерностей развития криолитозоны нестационарного типа в Гизимурском геокриологическом районе имеет научное и практическое значение. В первом случае это позволит более полно охарактеризовать воздействие изменений климата и техногенной нагрузки на структуру криолитозоны низко-среднегорных систем южной ее периферии, во втором – будет способствовать принятию своевременных управлеченческих решений по предупреждению или ликвидации потенциально возможного развития чрезвычайных ситуаций.

**СНИЖЕНИЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АКТИВИЗАЦИИ КРИОГЕННОГО
ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ НА ЯМБУРГСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Аблязина Д.И.

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, г. Москва.

**DECREASING OF THE GEOTECHNICAL SAFETY CONNECTED WITH FROST HEAVE ON THE
YAMBURG GAS-FIELD**

Ablyazina D.I.

Moscow State University, Geological Faculty, Moscow.

There are a lot of perspectives for mineral resources industry development in the cryolithozone area. Frost heave is the one of the widespread and intensive processes that influences on the objects. It's also one of the reasons of cryogenic microrelief forming. Provision of oil and gas pipelines and other objects' safety depends on these processes, in case of their distribution and forming of the microrelief connected with frost heave. The frost heave in the syngenetic permafrost in the Yamburg area occurs in conditions of deep seasonal thawing to 1.5 m. We have had a set of experiments to determine the influence of peat cover on frost heave. In the laboratory we have modeled the conditions of "closed system" with fragmentary freezing. The results can be compared with calculated data, for example in the cold years the peat cover influence will be lower than in the warmer ones.

В области распространения многолетнемерзлых пород (ММП) сосредоточены наиболее перспективные для разработки минерально-сырьевые ресурсы, без освоения которых невозможно дальнейшее активное развитие экономики страны. Большое количество объектов нефтегазовой отрасли с сопутствующей инфраструктурой, а также селитебные комплексы, расположены в этой области и подвержены морфодинамическим процессам, прежде всего, криогенным.

Криогенное пучение грунтов - один из процессов, наиболее интенсивно влияющих на геотехническую безопасность малонагруженных зданий и сооружений, его развитие также возможно и на территориях с глубоким сезонным промерзанием, максимум его интенсивности проявляется вдоль южных границ криолитозоны.

Криогенное пучение – сложный комплекс процессов, вызванный, как правило, местным неравномерным увеличением объема грунтов вследствие замерзания (льдовыделения) содержащейся в них и подтянутой в процессе миграции влаги [4]. Важнейшими физико-географическими факторами, влияющими на пучение, являются: климат, определяющий возможность промерзания грунтов, их свойства растительность, почвенный покров, ландшафты, поверхностные и грунтовые воды.

Суровые климатические условия предопределяют существование криолитозоны и интенсивное развитие криогенеза в массивах горных пород. Криогенез воздействует на самые разнообразные типы литогенной основы ландшафтов: от скальных грунтов до органогенных. Реакция различных почвогрунтов и их компонентов на циклическое промерзание очень разнообразна, определяется начальными свойствами грунтов, и процессами криогенного преобразования. Изменения, происходящие в грунтах, касаются устойчивых (дисперсность, общий химический и минералогический состав) и неустойчивых (пористость, микростроение) признаков строения [3]. С ростом дисперсности пород возрастает миграционный поток влаги из талой зоны в мерзлую. В результате в ряду от грубообломочных пород к глинам доля массивного расплечивания в общей деформации пучения закономерно уменьшается, а сегрегационного льдовыделения — возрастает, достигая в глинах 95% (т. е. до 20–30 см и более на метр промерзающего грунта). Вместе с тем, при увеличении дисперсности пород возрастают деформации, вызванные не только сегрегационным льдовыделением, но и усадкой, что в итоге приводит к уменьшению величины пучения.

Пучение грунтов является одной из основных причин появления различных форм криогенного рельефа (бугры пучения, площадное пучение и др.); а в сочетании сезонного промерзания–протаивания (пучение – осадка грунтов сезонноталого слоя или сезонномерзлого слоя) и микрорельефа. Процесс имеет достаточно широкое распространение, а эти формы рельефа во многом определяют безопасный выбор трасс газо- и нефтепроводов и других сооружений. Активизация криогенного пучения существенно влияет на условия для строительства и эксплуатации объектов, например, длительное промерзание достаточно увлажненных таликовых зон приводит к общему поднятию территории на 1–3 м, что, в принципе, удобнее для строительства. Небольшие бугорки и площадное неравномерное пучение может привести к заметным деформациям линейных сооружений, прежде всего, автодорог [5]. Силовой эффект явления пучения, воспринимаемый промерзающим грунтом, а через него фундаментами и конструкциями сооружений, наиболее часто проявляется в виде выпучивания, которое приводит к изгибу сверх допустимых пределов и разрушению трубопроводов различного назначения. Совместное воздействие прямых и касательных сил пучения приводит к «выдавливанию» малонагруженных фундаментов из грунтов.

Примером значительного воздействия активизации криогенного пучения на природные и геотехнические объекты может служить Ямбургское газоконденсатное месторождение (ЯГКМ), расположенное в Тазовской геокриологической области Харасавэй-Новоуренгойской подзоны. Главные черты современного рельефа территории определяются ее центральным положением на плоской низменности Тазовского полуострова [1].

Для этой области характерно сплошное распространение многолетнемерзлых пород (ММП) сингенетического типа практически на всех геоморфологических уровнях, которые представлены преимущественно песчано-глинистыми отложениями, что обусловило широкое распространение на этой территории современных криогенных процессов. Криогенные процессы происходят в промерзающих, мерзлых и оттаивающих грунтах и горных породах. К ним относятся: сезонное промерзание – оттаивание грунтов, морозобойное растрескивание, криогенное пучение (сезонное и многолетнее), термокарст, термоэррозия, термоабразия, термосуффозия, солифлюкция.

Пучение грунтов в сингенетических отложениях ММП происходит на территории ЯГКМ благодаря глубокому сезонному протаиванию до 1,5 м. В тоже время, в пос. Чокурдах, расположенным на 71°с.ш., с сингенетическими отложениями и с температурой ММП до $-5\text{...}-7^{\circ}\text{C}$ и глубиной СТС не более 0,8 м, интенсивность и разнообразие инженерно-криогенных процессов существенно меньше [6].

В пределах рассматриваемой территории основные нарушения природных ландшафтов связаны с механическими воздействиями на почвы и грунты, практически полностью изменен характер теплообмена между ММП и атмосферой. Изменение рельефа, связанное со строительством, сопровождается разрушением грунтов СТС и изменениями условий стока. Наиболее интенсивно в пределах трасс трубопроводов разрушаются микро- и наноформы рельефа. Погодные условия региона, в основном, зависят от взаимодействия западного переноса и континентальных воздушных масс азиатского материка. Зимний сезон характеризуется низкими значениями температуры и сильным выхолаживание поверхности, но бывают и внезапные потепления, сопровождающиеся сплошной облачностью и снегопадами, что также способствует развитию пучения.

Активное сезонное и многолетнее пучение во многом связано именно со строительством и эксплуатацией объектов месторождений, при которых происходит увеличение деятельного слоя и последующее его промерзание. Процесс сезонного пучения начинается уже при промерзании самых верхних горизонтов (до 5 см) СТС и продолжается практически в течение всего периода промерзания в открытой системе. Этому процессу на территории ЯГКМ подвержены фактически все грунты сезонно-талого слоя – от тяжелых глин до пылеватых песков. Сезонное пучение грунтов проявляется повсеместно практически на всех элементах рельефа. Величина сезонного пучения (в зависимости от состава и влажности пород сезоно-талого слоя) может изменяться от нескольких сантиметров до 1–1,5 м.

Песчаные отложения, широко распространенные на территории месторождения, по своей природе не относятся к пучинистым грунтам, но в связи с широким развитием торфа и высокой пылеватостью также распучиваются каждый сезон. Максимальная льдистость отмечается либо в торфе, либо в минеральных грунтах на контакте с перекрывающим их торфом. Данные о влияние торфа на развитие криогенного пучения немногочисленны и свидетельствуют о зависимости их от вида торфа, его влажности, температуры, степени разложенности и т.д. Для оценки влияния торфов на процесс криогенного пучения поставлена серия лабораторных исследований. Все экспериментальные исследования проводились с образцами хорошо разложившегося торфа и пылеватыми грунтами (таблица). Лабораторные опыты моделировали условия «закрытой системы» с неполным промораживанием. Образцы замораживались в холодильной камере, во избежание смерзания грунта с контейнером стенки смазывались маслом, величина пучения измерялась с помощью индикаторов часового типа, с точностью до 1 мм. Размеры пластикового контейнера для образца составляют – 40 см в высоту, внутренний диаметр 48 мм.

Таблица. Экспериментальные данные по исследованию пучинистости оторфованных пылеватых песков

w % естественная влажность торфа	w % торфа после промерзания	w % грунта	мощность торфа, см	Т°С на поверхности	глубина промерзания, см	пучение, см
280	350	14	3	-4,1	9,5	0,6
270	320	18		-2,9	7	0,8

Возникновение усадки грунта, сопутствующей процессу пучения, вызывается действием происходящих в грунте гидродинамических процессов, связанных с миграцией влаги к фронту промерзания, понижением уровня грунтовых вод и уплотнением при этом слоя талого грунта, подстилающего промерзающий слой [2]. Во время опытов процесс усадки длился до нескольких часов, и численно составлял до 0,7–0,8 см.

Во всех опытах влажность мерзлого грунта на границе слоя торфа заметно увеличилась по сравнению с начальной влажностью до промерзания, в отдельных случаях образовывались линзы льда до 0,2–0,3 см толщиной или происходил льдовыделение на поверхности торфа. Криогенная текстура грунтов всегда массивная, за исключением случаев льдовыделения на контакте грунт – торф. В одном из опытов на контактной зоне и в торфе образовались шестоватые кристаллы льда, что способствовало увеличению значения пучения. В результате промерзания образцов минеральные частицы закономерно уплотнялись и в центральной части образца были практически полностью обезвожены, что при наличии подтока влаги в природных условиях привело бы к увеличению пучения. Результаты, полученные в ходе лабораторных опытов, можно сравнить с расчетными характеристиками. В результате перерасчета глубины сезонного протаивания в системе супесь – суглинки глубина достигла 2,1 м, на заболоченных участках с торфом – 0,95 м, а с мощным слоем торфа над

системой суглинки – песок – 1 м. По результатам термометрии, проведенной 15.07.04 г., протаивание на территории ЯГКМ на участках без торфа составляет 2–2,20 м. На участках месторождения с разными природно-территориальными комплексами процессы протаивания–промерзания, а, следовательно, криогенного пучения, будут происходить по-разному. В холодные годы охлаждающее влияние торфяного покрова будет не столь, значимо, как в теплые, что подтверждается в лабораторном опыте, при одинаковой влажности торфа, но более высокой температурой поверхности пучение грунта выше. В сравнении с лишайниками и травяными покровами воздействие торфа на глубину и температуру сезонноталого слоя, за счет большой влагоемкости, будет выше.

Криогенное пучение грунтов, является одной из важнейших геотехнических проблем, необходимо проводить дальнейшие изучение пространственно – временных закономерностей развития процессов пучения и поиск возможностей корректного численного учета этих процессов. Развитие количественных методов оценки криогенного пучения с учетом геолого-географических факторов позволит разработать прогнозы развития возможных деформаций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андрианов В.Н., Войцеховская И.В., Гречищев С.Е., Крицук Л.Н., Невечеря В.Л., Стремяков А.Я., Уваркин Ю.Т., Шаманова И.И., Шур Ю.Л. Условия развития и распространения криогенных геологических процессов и явлений // В кн. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М., Недра, 1989, с. 135-155.
2. Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих породах / Под ред. Э.Д. Ершова. М., Изд-во МГУ, 1985, с.167.
3. Конищев В.Н., Рогов В.В. Методы криолитологических исследований. М., Изд-во МГУ, 1994, с.136.
4. Орлов. В.О. Криогенное пучение тонкодисперсных грунтов. М., Изд-во АН СССР, 1962, с.188.
5. Основы мерзлотного прогноза при инженерно-геологических исследованиях / Под ред. В.А. Кудрявцева. М., Изд-во МГУ, 1978, с.431.
6. Сухов А.Г., Кузнецова И.Л., Лахтина О. В., Дроздов Д. С., Чекрыгина С. Н. Тазовская область // В кн. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М., Недра, 1989, с. 236-247.

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В СЕЗОННОДЕЙСТВУЮЩИХ ПАРОЖИДКОСТНЫХ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРАХ

Аникин Г.В.¹, Долгих Д.Г.², Поденко Л.С.¹

¹Институт криосферы Земли СО РАН, г.Тюмень;

²ООО «Фундаментстройаркос», г.Тюмень

THE CALCULATED MODEL OF HEAD AND MASS TRANSFER IN SEASONAL ACTED VAPOUR AND LIQUID THERMOSTABILIZERS

Anikin G.V.¹, Dolgich D.G.², Podenko L.S.¹

¹Institute of the Earth Cryosphere, Siberian Division, Russian Academy of Sciences, Tyumen;

²ООО «Fundamentstrojarcos», Tyumen

The theoretical model of processes head and mass transfer in thermosifons was considered. The expressions for the temperatures fields in a steel wall and in a refrigerant film were obtained. Also the expressions for speeds, pressure, density fields and the field of the gas phase temperature of a refrigerant were obtained. Was shown that the distribution of temperatures on the outside of thermosiphon determine all physical processes inside it.

Для стабилизации грунтов в северном строительстве, применяются так называемые термостабилизаторы, или термосифоны, представляющие собой полую трубку длиной L , часть которой находится в грунте, а часть на поверхности. Данная трубка заполнена хладоносителем, который в нижней ее части кипит, а в верхней конденсируется и стекает вниз под действием силы тяжести. Подобного рода конвективные процессы приводят к тому, что тепло от грунта через теплоноситель отдается в атмосферу, что и приводит к заморозке грунта. Для имитационного компьютерного моделирования работы термосифонов, позволяющего избежать долговременных сезонных испытаний новых образцов, необходимо знать точное распределение температурных полей и тепловых потоков в металлической стенке, а также жидкой и газовой фазах теплоносителя. В литературе, на сегодняшний день, такого рода расчетов по видимому нет, поэтому и возникает необходимость в их проведении. Будем считать, что тепловой поток на внешней поверхности трубы, направленный по нормали к трубке задан и равен $q(z)$, тогда он может быть разложен в ряд Фурье и записан в виде:

$$q(z) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) \right) \quad (1)$$

где $\frac{-L}{2} \leq z \leq \frac{L}{2}$ - продольная координата. Решение стандартных уравнений тепломассопереноса задает поле температур в стали трубы и пленке, а также поле скоростей газа внутри трубы. При решении задачи в цилиндрических координатах поле температур в стали записывается в виде:

$$T(r, z) = T_g + \frac{L}{\lambda} \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) \right) \frac{\Omega_n(r)}{2\pi n}, \quad (2)$$

$$\Omega_n(r) = \frac{B_n K_0\left(\frac{2\pi n r}{L}\right) + I_0\left(\frac{2\pi n r}{L}\right)}{B_n K_1\left(\frac{2\pi n b}{L}\right) - I_1\left(\frac{2\pi n b}{L}\right)}, \quad (3)$$

$$B_n = \frac{I_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right) - \frac{\lambda_0}{\lambda} F_n I_0\left(\frac{2\pi n a}{L}\right)}{K_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right) + \frac{\lambda_0}{\lambda} F_n K_0\left(\frac{2\pi n a}{L}\right)}, \quad (4)$$

$$F_n = \frac{I_0\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right) K_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right) + K_0\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right) I_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right)}{I_0\left(\frac{2\pi n a}{L}\right) K_0\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right) - I_0\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right) K_0\left(\frac{2\pi n a}{L}\right)}, \quad (5)$$

здесь $I_0(x), K_0(x), I_1(x), K_1(x)$ - модифицированные функции Бесселя, a - внутренний радиус трубы, b - внешний радиус трубы, $a' = a - \delta(z)$, $\delta(z)$ - толщина пленки хладоносителя в точке с координатой z , λ - коэффициент теплопроводности стали, λ_0 - коэффициент теплопроводности жидкого хладоносителя, r - радиальная координата, z - продольная координата, T_g - температура газа, которая при изоэнтропном решении уравнений газовой динамики, с точностью до десятых долей градуса постоянна по всему объему трубы. Центр цилиндрической системы координат находится на оси трубы на середине ее длины. Поле температур в пленке задается следующими выражениями:

$$T(r, z) = T_g + \frac{L}{\lambda} \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) \right) \frac{\Omega_n(a) P_n(r)}{2\pi n}, \quad (6)$$

$$P_n(r) = \frac{I_0\left(\frac{2\pi n r}{L}\right) + Q_n K_0\left(\frac{2\pi n r}{L}\right)}{I_0\left(\frac{2\pi n a}{L}\right) + Q_n K_0\left(\frac{2\pi n a}{L}\right)}, \quad (7)$$

$$Q_n = \frac{-I_0\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right)}{K_0\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right)} \quad (8)$$

Поля продольной скорости газа V_z , и радиальной скорости газа V_r , задаются следующими выражениями

$$V_r(r, z) = \frac{1}{h\rho} \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) \right) \frac{\psi_n \gamma_n I_1\left(\frac{2\pi n r}{L}\right)}{I_1\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right)}, \quad (9)$$

$$V_z(r, z) = \beta + \frac{1}{h\rho} \sum_{n=1}^{\infty} \left(-a_n \sin\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) + b_n \cos\left(\frac{2\pi n z}{L}\right) \right) \frac{\psi_n \gamma_n I_0\left(\frac{2\pi n r}{L}\right)}{I_1\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right)}, \quad (10)$$

$$\psi_n = \frac{Q_n K_1\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right) - I_1\left(\frac{2\pi n a'}{L}\right)}{Q_n K_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right) - I_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right)}, \quad (11)$$

$$\gamma_n = \frac{B_n K_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right) - I_1\left(\frac{2\pi n a}{L}\right)}{B_n K_1\left(\frac{2\pi n b}{L}\right) - I_1\left(\frac{2\pi n b}{L}\right)}, \quad (12)$$

здесь β - константа, h - теплота фазового перехода, ρ - плотность газа. Скорость конденсации газа, а следовательно и его поток, нормальный к поверхности, полностью определяются локальной плотностью и температурой. Вблизи точки $z = \frac{L}{2}, r = a'$ локальная температура и

$$\rho V_z\left(a', \frac{L}{2}\right) = \rho V_r\left(a', \frac{L}{2}\right) \quad (13)$$

плотность одна, а поверхности две, и, следовательно, из соотношения (13) можно определить константу β . Решение уравнений газовой динамики (уравнения Эйлера и уравнения непрерывности) для трубок длиной порядка десяти, пятнадцати метров и с радиусом порядка одного трех сантиметров, заполненных аммиаком, показывает, что относительное изменение плотности и давления в трубке не превышают десятой доли процента, а изменение температуры не превышает десятой доли градуса. Данное решение находится в полном соответствии с известным постулатом газовой динамики о том, что газ, движущийся со скоростями много меньшими, чем скорость звука, может рассматриваться как несжимаемая жидкость [1]. При этом, как показано в [2,3] должны выполняться соотношения

$$\rho = \rho_{eq}\left(T_g\right) \quad h = h_{eq}\left(T_g\right), \quad (14)$$

где $\rho_{eq}\left(T_g\right)$ и $h_{eq}\left(T_g\right)$ плотность газа и теплота фазового перехода на кривой насыщения. Поток жидкого хладоносителя на стенке $J(z)$, как следует из работы [3], может быть записан в виде:

$$J(z) = \frac{\rho_0^2 g \delta(z)^3 2\pi a}{3\eta}, \quad (15)$$

где g - ускорение свободного падения, ρ_0 - плотность жидкого хладоносителя, η - динамическая вязкость жидкого хладоносителя. Очевидно, что поток жидкости вниз, в стационарном случае, равен потоку газа вверх, и, следовательно,

$$\rho \int_0^{a'} V_z(r, z) 2\pi r dr = J(z) \quad (16)$$

уравнение (16) позволяет определить толщину пленки $\delta(z)$ при любом z . Как правило эта толщина порядка одной десятой миллиметра. Уравнения (1)-(16) позволяют рассчитать все физические процессы происходящие в термосифоне, если известно распределение температуры на внешней стенке трубы, поскольку, разложив $T(b, z)$ в ряд Фурье и, сравнив полученное выражение с выражением (2), можно получить величины T_g, a_n, b_n , и, следовательно, вычислить все поля.

ЛИТЕРАТУРА:

- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, том 6. Гидродинамика. М., Наука, 1988, с.733.
- Кутателадзе С.С. Теплопередача при конденсации и кипении. М., Машгиз, 1952, с.221.
- Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М., Атомиздат, 1979, с.406.

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА КАСПИЙСКОМ ШЕЛЬФЕ
С УЧЕТОМ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Анисимов. Л.А.
ООО ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть, Волгоград

OFFSHORE EXPLORATION ACTIVITY AND ICE CONDITION IN THE NORTH CASPIAN SEA

Anisimov L.A.
JSC "LUKOIL-VolgogradNIPImorneft", Volgograd

Ice-proof platforms, subsea pipelines and other offshore constructions are planning according to the "Conception of the offshore resources development in the North Caspian". Caspian Sea is not an Arctic sea but its ice conditions determine serious problems for the exploration and production. Ice conditions in Caspian Sea are determined not only by ice volume and ice covered area, but also by the boundaries of this area, by domination of particular ice forms of different type and age, ice distribution in water area and ice preservation in time. Stable wind direction, sea currents and the presence of thick floating ice bodies become the reasons for ice drift. Flat ice bodies can be about 50 cm thick and can provoke ice-hammocks formation. The so-called "stamykha", the North Caspian iceberg, is a thick structure that consists of separate ice-hammocks and can form ice barriers. These structures are formed at the depth about 5 m and they may cause the exaration of sea bottom surface.

Разведка и разработка нефтяных месторождений в Северном Каспии связана с рядом природных опасностей, которые являются факторами технологического риска и играют определяющую роль при заложении скважин, морских разработках, проводке трубопроводов и строительстве морских терминалов. При освоении месторождений необходимо, с одной стороны, учитывать мировой опыт морских разработок и, с другой стороны, природные особенности Северного Каспия. Важным моментом для этого региона является то, что здесь расположены уже открытые месторождения – гиганты с высоким содержанием сероводорода – Астраханское, Тенгиз, Караган, а также наиболее важные для Каспия и наиболее экологически чувствительные зоны дельт Волги и Урала. Согласно концепции освоения месторождений в российском секторе Северного Каспия предусматривается строительство ледостойких платформ, подводных газо- и нефтепроводов, плавучих нефтехранилищ и других сооружений нефтегазового комплекса, которые будут подвергаться воздействию природных опасностей и, в то же время, воздействовать на окружающую среду.

Гидрологические особенности Северного и Среднего Каспия, которые включают такие параметры как колебания уровня моря, переработка берегов, сгонно-нагонные явления, волновые процессы и течения, ледовые условия, создают соответствующие опасные ситуации, которые должны учитываться и оцениваться по методологии риска-анализа. Хотя Каспий не относится к северным морям, ледовые условия в северной его части создают серьезные проблемы при освоении углеводородных ресурсов.

В суровые зимы вся акватория Северного Каспия покрывается льдом (различной толщины и сплошности), в мягкие – как правило, он не выходит за пределы 3-метровой изобаты. В умеренные зимы ледообразование начинается на мелководных северо-восточных акваториях в первой половине ноября, затем оно распространяется на запад, охватывая почти одновременно мелководные западные участки моря. К концу первой декады декабря распространяются на всю прибрежную зону, ограниченную изобатой 3 м. В суровые и умеренные зимы максимальная толщина льда (40-60 см) здесь отмечается в третьей декаде февраля. В отдельные зимы лед может достигать максимальной толщины (40-50 см) уже в третьей декаде января.

Установившийся ледяной покров под воздействием ветра, волнения и подъема уровня подвергается в прикромочной зоне взлому и последующим за ним процессам сжатия плавучего льда на одних участках и разрежения – на других. Взлом и подвижки льдов в открытой части Северного Каспия наблюдаются при ветрах разных направлений. Наиболее интенсивный взлом припая и отступление его к северу отмечается в мягкие зимы с большой повторяемостью ветров южной четверти и слабыми морозами.

Основными факторами, вызывающими сжатия плавучих льдов, являются резкие изменения направления и скорости ветра в зоне плавучего льда сплошностью 9-10 баллов и смежных участках (припай-плавучий лед), а также ветровое волнение и изменение уровня моря. Ветры западных, северо-западных и северных направлений способствуют отжиму плавучего льда от берега или от кромки припая, уменьшая его сплошность в районе структуры.

В области контакта припая с плавучим льдом под действием ветра и подъема уровня на кромке припая происходит образование отдельных торосов или гряд торосов высотой до двух метров и более, которые располагаются по нормали к направлению ветра, вызвавшему торошение. Особенно сильное торошение льда наблюдается в прикромочной зоне северо-западной части моря.

По мере смещения кромки припая, параллельно ей возникают новые гряды торосов. Пояса ярче выражены в умеренные зимы и слабее в суровые, что объясняется преобладанием в суровые зимы ветров северной четверти. При этом в северо-западной части Северного Каспия происходит интенсивное образование и заприпайных полыней. Средняя торосистость припайных льдов в суровые зимы составляет 2-3 балла, в

умеренные и мягкие –1-2 балла. В зонах торошения часто формируются наслоенные льды, толщиной до 1,5-2 метров и более (районы Жемчужных банок Гурьевской бороздины), а торосистые нагромождения в виде ледяных бугров и барьеров могут достигать высоты 3-6 м.

Кроме торосов, в районе структуры возможно образование стамух (особенно в районе Кулалинской банки). Это мощные торосистые образования, сидящие на мели, как в виде отдельных торосов, так и виде барьеров, длиною более километра и шириной несколько десятков метров, достигающих высоты 10 м и более.

Дрейф плавучих льдов на Каспии происходит под действием ветра и течения обычно в конце января, в феврале и марте. В этот период северная часть моря бывает покрыта устойчивым припаем и его кромка в западной части Северного Каспия проходит в районе о. Чечень – Большая Жемчужная банка.

При господствующих зимой на Северном Каспии сильных северных ветрах (с восточной составляющей у восточного побережья) лед дрейфует приблизительно по ветру, отклоняясь от него к кромке припая или береговой черте. В случае слабых ветров дрейф льда определяется в основном стоковым течением. Поэтому общий вынос плавучих льдов из района Гурьевской бороздины или Мангышлакского залива и последующий дрейф осуществляется на запад, а затем на юго-запад вдоль кромки припая. Примерно на траверзе о. Тюлений общий дрейф меняет свое направление и скопления плавучих льдов под напором новых порций льда, поступающих с востока, при господствующих здесь северо-западных ветрах и течениях устремляются на юг к острову Чечень.

На границе со Средним Каспием плавучие льды попадают в область циклонической циркуляции вод и с южным ее потоком быстро смещаются от острова Чечень к Махачкале и далее вдоль побережья на юго-восток. Вероятность появления зимой приносимых льдов на подходах к порту Махачкала составляет около 55%, у Дербента – 37%. При сильном северо-западном ветре плавучие льды прижимаются к берегу, при слабых – основная масса льдов дрейфует на некотором удалении от берега. Направление генерального дрейфа в Северном Каспии в умеренную зиму сравнительно устойчиво; в суровые зимы характер дрейфа сохраняется, смещается лишь к югу зона дрейфующего льда.

Таким образом, продолжительность ледового периода в Северном Каспии может продолжаться более 3 месяцев. Колебания уровня моря в условиях высокой ветровой нагрузки существенно усложняет ледовую обстановку, ведут к формированию торосов и стамух, представляющих опасность, как для стационарных платформ, так и для линейных сооружений. В этих условиях необходимо использовать весь набор существующих методов и средств для защиты оборудования нефтегазовых комплексов от воздействия ледовых образований с учетом глубины моря и гидрологических особенностей Северного Каспия.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЕМКОСТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ОБЪЕМА ПУТЕМ ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ФОРМЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

Бабичев Д.А., Бабичев Д.А., Земенков Ю.Д., Левитин Р.Е.
Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень.

THE IMPROVEMENT OF VARIABLE INTERNAL VOLUME RESERVOIR SAFETY BY INTENSE-DEFORMING CONDITIONS OF BUILDING ELEMENTS MONITORING AND EVALUATION

Babichev D.A., Zemenkov Yu.D., Levitin R.E.
Tyumen State Oil & Gas University, Tyumen

Authors dealt with the research of variable internal volume reservoir intense-deforming conditions. Under the present research the dependence of curvature radius of a final element of the shell from the value of internal and external pressure on it was established. This dependence was used as the base for development of the flexible shell finite element model. Analytical dependence of intense-deformed conditions of flexible circular shell, permitting to define its shape and tension during designing stage were received.

Согласно «Энергетической стратегии России», предприятиям нефтяной и газовой промышленности предписывается внедрять в производственный процесс машины и агрегаты, позволяющие рационально использовать природные ресурсы, а также минимизировать отрицательное воздействие технологических процессов на окружающую среду.

На территории Западной Сибири, являющейся крупнейшим поставщиком нефти в Российской Федерации, общие потери легких фракций углеводородов ежегодно только в Тюменской области достигают 780 тыс. тонн, и в настоящее время наблюдается тенденция роста. Это ведет к снижению качества хранимого продукта, повышению уровня пожаро- и взрывоопасности процессов слива и налива жидкых углеводородов, а также загрязнению окружающей среды ценнейшими нефтяными фракциями.

Появление новых композитных материалов позволяет для борьбы с испарениями активно внедрять в производство комбинированные конструкции резервуаров, состоящие из жесткостенного бассейна и помещенной внутрь него гибкой синтетической емкости, изменяющей свою форму при осуществлении сливо-

наливных процессов. При этом сокращаются вредные выбросы и пожарная опасность технологических процессов, решается проблема стратегического хранения продукта без потери его качества.

Надежная эксплуатация комбинированных резервуарных конструкций невозможна без непрерывного мониторинга технического и напряженного состояния стенок и днища несущих элементов сооружения от эксплуатационных нагрузок. Поэтому разработка методик, позволяющих с точностью, достаточной для инженерных расчетов, определять форму и напряженное состояние резервуаров переменного объема, является актуальной задачей.

При разработке математической модели гибкая оболочка рассматривалась как двумерный геометрический объект, являющийся поверхностью и способный существенно изменять свою форму.

При построении математической модели в качестве типового геометрического объекта принята гибкая развертывающаяся оболочка в виде бесконечной трубы, нагруженная двумя симметричными касательными силами T_T , и погруженная во внешнюю среду полностью или частично. В качестве конечного элемента принят одномерный отрезок сечения цилиндрического резервуара. Радиус кривизны конечного элемента в любой его точке находился исходя из величин внешнего и внутреннего давлений на оболочку. Для нахождения формы сечения, а также усилий в различных точках объекта был использован итерационный вычислительный процесс по решению системы четырех трансцендентных уравнений с четырьмя неизвестными. При этом учтено, что оболочка находится в равновесии при действии на неё внешних сил, вектор касательной в средней точке горизонтален, x -координата этой точки равна нулю.

В результате решения общего уравнения дифференциального элемента гибкой развертывающейся оболочки, получена зависимость, между радиусом кривизны в расчетной точке, давлением на неё и удельным усилием растяжения (1), положенная в основу методики расчета гибких резервуарных конструкций:

$$R_{\text{крив}} = \frac{T}{P_{\text{вн}} - P_{\text{сн}}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{крив}}$ – главный радиус кривизны оболочки, m ; T – удельное усилие растяжения в расчетной точке, MN/m ; $P_{\text{вн}}$ – давление внутри гибкой оболочки в расчетной точке, MPa ; $P_{\text{сн}}$ – давление снаружи гибкой оболочки в расчетной точке, MPa .

Определение формы цилиндрической резервуарной конструкции предусматривается методом последовательных приближений путем многократного использования базового уравнения (1) для вычисления радиусов кривизны в расчетных точках. Для этого оболочка вдоль своего периметра разбивается на конечные элементы согласно расчетной схеме (рис. 2). Все конечные элементы приняты как дуги окружностей, радиусы которых равны радиусам кривизны оболочки в расчетных точках каждого из конечных элементов.

Согласно расчетной схеме, представленной на рис. 2, получены расчетные зависимости (2-14) для построения профиля оболочки определения ее формы. При этом, углы поворота касательной на длине

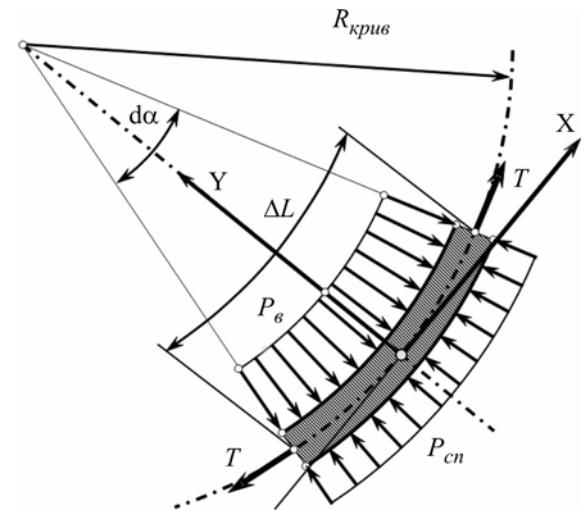


Рис. 1. Схема сил, действующих на дифференциальный элемент гибкой оболочки.

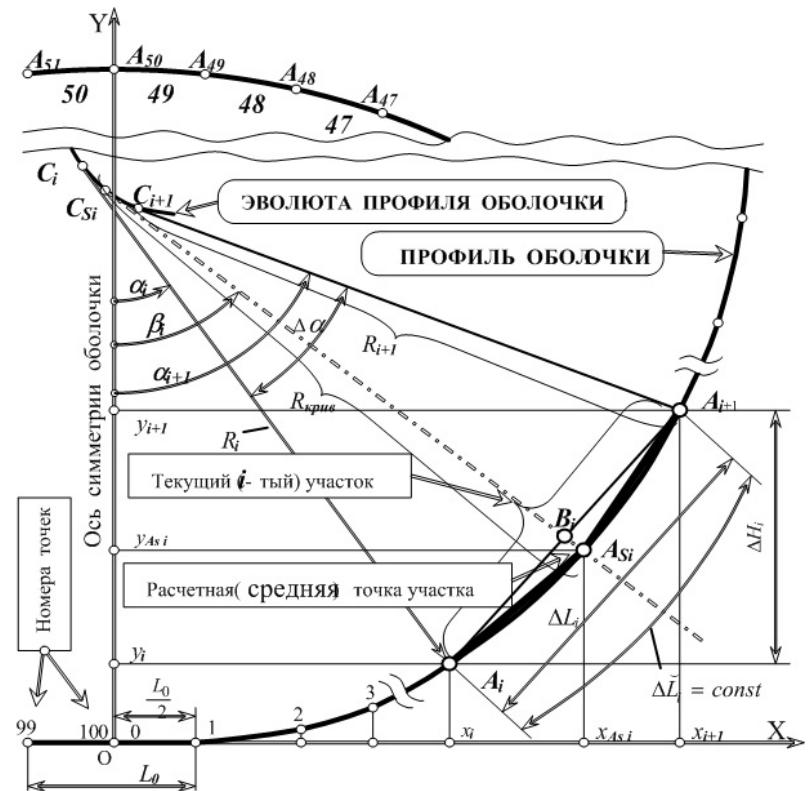


Рис. 2. Расчетная схема определения формы гибкой оболочки.

i-того конечного элемента для правой половины находятся по формуле (2).

$$\Delta\alpha_0 = 0; \quad \Delta\alpha_i = \frac{\Delta L}{R_{kpiv\ i}}, \quad \left(i = 1 \dots \frac{N}{2} - 1 \right). \quad (2)$$

Угол наклона касательной в начале *i*-того конечного элемента и в его расчетной точке определяется зависимостями (3÷4).

$$\alpha_0 = 0; \quad \alpha_i = \alpha_{i-1} + \Delta\alpha_{i-1}, \quad \left(i = 1 \dots \frac{N}{2} \right), \quad (3)$$

$$\beta_0 = 0; \quad \beta_i = \alpha_i + \frac{\Delta\alpha_i}{2}, \quad \left(i = 1 \dots \frac{N}{2} - 1 \right). \quad (4)$$

Для определения длины конечных элементов по хорде используется зависимость (5).

$$\Delta L_0 = \frac{L_0}{2}; \quad \Delta L_i = 2 \cdot R_{kpiv\ i} \cdot \sin \frac{\Delta\alpha_i}{2}, \quad \left(i = 1 \dots \frac{N}{2} - 1 \right) . \quad (5)$$

Перепад высот на длине *i*-того элемента находится решением уравнения (6).

$$\Delta H_0 = 0; \quad \Delta H_i = \Delta L_i \cdot \sin \beta_i, \quad \left(i = 1 \dots \frac{N}{2} - 1 \right) . \quad (6)$$

При построении модели, определяются координаты:

– начальных точек нулевого и первого конечных элементов (7,8):

$$x_{A0} = 0, \quad y_{A0} = y_0 , \quad (7)$$

$$x_{A1} = \frac{L_0}{2}, \quad y_{A1} = y_0 ; \quad (8)$$

– последующих конечных элементов (9,10) и средних точек \mathbf{B}_i правой части оболочки (11):

$$x_{Ai} = x_{A\ i-1} + \Delta L \cdot \cos \beta_i, \quad \left(i = 1 \dots \frac{N}{2} \right); \quad (9)$$

$$y_{Ai} = y_{A\ i-1} + \Delta H_i, \quad \left(i = 1 \dots \frac{N}{2} \right); \quad (10)$$

$$x_{Bi} = \frac{x_{Ai} + x_{A\ i+1}}{2}, \quad y_{Bi} = \frac{y_{Ai} + y_{A\ i+1}}{2}; \quad \left(i = 0 \dots \frac{N}{2} - 1 \right); \quad (11)$$

– расчетных точек A_{Si} конечных элементов (12,13):

$$x_{Asi} = x_{Bi} + \frac{\Delta L}{2} \cdot \tg \frac{\Delta\alpha_i}{2} \cdot \sin \beta_i, \quad \left(i = 0 \dots \frac{N}{2} - 1 \right), \quad (12)$$

$$y_{Asi} = y_{Bi} - \frac{\Delta L}{2} \cdot \tg \frac{\Delta\alpha_i}{2} \cdot \cos \beta_i, \quad \left(i = 0 \dots \frac{N}{2} - 1 \right); \quad (13)$$

– начальных (14) и расчетных (15) точек конечных элементов левой части оболочки:

$$x_{A(K_{Bn}-i)} = -x_{Ai}, \quad y_{A(K_{Bn}-i)} = y_{Ai}; \quad \left(i = 0 \dots \frac{N}{2} - 1 \right), \quad (14)$$

$$x_{As(K_{Bn}-i-1)} = -x_{Asi}, \quad y_{As(K_{Bn}-i-1)} = y_{Asi}; \quad \left(i = 0 \dots \frac{N}{2} - 1 \right). \quad (15)$$

Ранее отмечалось, что форма сечения цилиндрической оболочки и усилия в ней находятся путем построения итерационного вычислительного процесса, в основе которого лежит решение на каждом шаге итерации системы трех трансцендентных уравнений, образующих систему. При этом, одно из уравнений получено из условия равновесия оболочки; другое – из условия замкнутости оболочки; третье – из условия её гладкости. Для решения системы уравнений для рассматриваемой задачи использовался релаксационный градиентный метод покоординатного спуска. Для этого в качестве вспомогательной целевой функции взята функция f (16):

$$f = \sum_{i=1}^4 (Bec_i \cdot f_i^2) = f \left(\{y_0, L_0\}, P_{B0}, T_0, T_{TP} \right) . \quad (16)$$

Решение общего уравнения равновесия, замкнутости и гладкости оболочки заключается в нахождении сочетания четырех неизвестных параметров (T_0, P_{B0}, T_{TP}, L_0 или y_0), при которых общее уравнение (16) равно нулю. Численное решение таких уравнений основано на вычислении невязок уравнений, т.е. отклонений

значений функций от нуля, и на устремлении их к нулю за счет целенаправленного изменения искомых параметров – в данном случае: T_0 , P_{B0} , T_{Tr} , L_0 или y_0 .

На рис. 3 представлен алгоритм нахождения невязки функции (16).

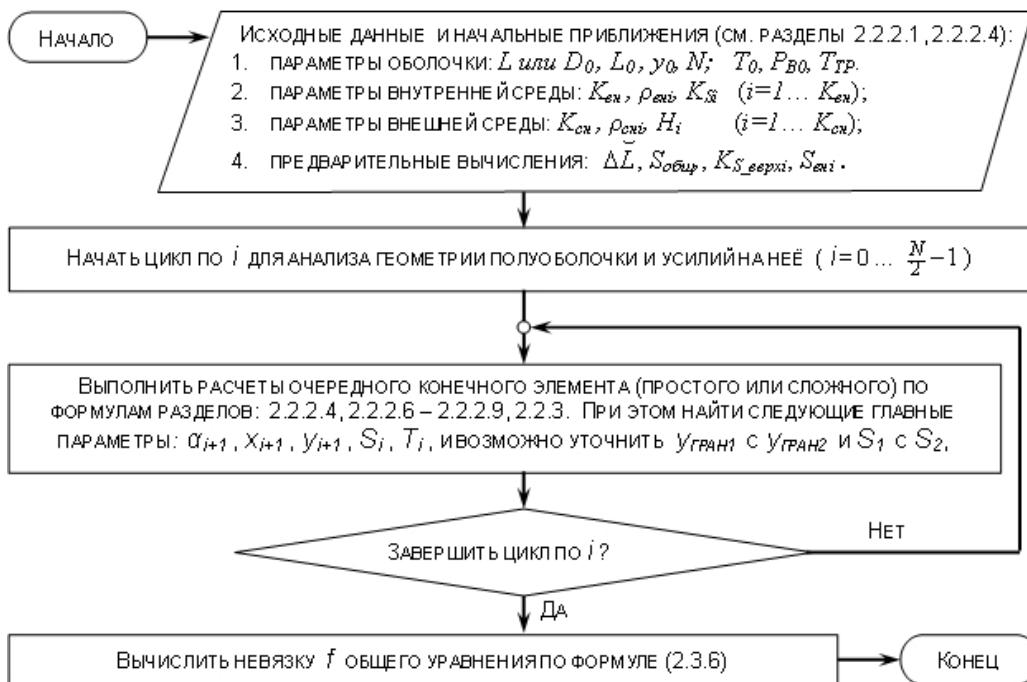


Рис. 3. Алгоритм вычисления невязки общего уравнения равновесия, неразрывности и гладкости оболочки.

Таким образом, произведен анализ особенностей работы гибких оболочек и методов расчета их напряженно-деформированного состояния. Разработана методика и расчетные уравнения для определения формы напряженной цилиндрической конструкции.

УНИФИЦИРОВАННЫЙ ФУНДАМЕНТ ТУРБОАГРЕГАТА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КРИОЛИТОЗОНЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИОГЕННОГО РЕСУРСА ТЕРРИТОРИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА "МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ ГАЗА БОВАНЕНКОВО-УХТА"

Бережной М.А., Дуденко И.А., Попов А.П., Рябов В.А.
ОАО “ВНИПИгаздобыча”, г. Саратов.

UNIFIED FOUNDATION OF A TURBINE UNIT FOR LINEAR GEOTECHNICAL GAS TRANSPORTATION SYSTEMS IN A PERMAFROST ZONE AND THE OUTLOOK FOR ITS CONSTRUCTION USING THE CRYOGENIC RESOURCES OF THE TERRITORY WHILE IMPLEMENTING THE PROJECT “MAIN GAS TRANSPORT BOVANENKOVO- UKHTA”

Berezhnoi M.A., Dudenko I.A., Popov A.P., Ryabov V.A.
OJSC “VNIPIgazdobycha”, Saratov.

Nowadays a typical solution to provide the required reliability of foundations of gas-compressor units (GCU) lies in using of a solid slab on a natural basis. Such a structure is reliable in bearing and “suppressing” of significant dynamic loads. However, using of such structure requires the elaboration of the tasks concerning compensation of significant technogenic heat loads (up to 60°C) in the process of service on a frozen ground foundation.

A simulation experiment was made in the context of this work – some kind of a “virtual construction”, that provides the simulation of transient technogenic temperature field at the stages of “preliminary preparation of soil foundations for obtaining the required mechanical parameters – construction – operation of a turbine unit” in the territories of non-confluent permafrost border.

The result of the work is the numerical basis for using “natural” cryogenic resources in order to optimize costs connected with construction of main compressor stations with a GCU on a solid slab.

Мегапроект «Ямал» включает в себя сооружение новой системы магистральных газопроводов «Бованенково-Ухта» и требует колоссальных материальных затрат. Трасса газопровода пересекает в

меридиональном направлении криолитозону полуострова Ямал, Полярного Урала и северных территорий Республики Коми.

Сжатые сроки по вводу в эксплуатацию первоочередных объектов (20010-20011 г.г.) обуславливают необходимость применения преимущественно унифицированных проектных решений.

Наиболее "проблемным" для проектирования в составе будущей стройки будет фундамент турбоагрегата линейной компрессорной станции (КС). Типичным решением по обеспечению требуемой надежности фундаментов газоперекачивающих агрегатов (ГПА) в настоящее время является применение монолитной плиты на естественном основании. Такая конструкция может успешно воспринимать и "гасить" значительные динамические нагрузки, передаваемые на основание, в период эксплуатации. Однако применение такой типовой конструкции требует проработки вопросов об объеме и принципиальных технических характеристиках решений по управлению техногенными тепловыми нагрузками на многолетнемерзлые породы (ММП), вмещающие монолитную плиту.

По мнению авторов, достижение поставленной цели в столь сжатые сроки может быть осуществлено посредством применения методологии постановки вычислительного эксперимента – своеобразного "виртуального строительства", обеспечивающего моделирование нестационарного техногенного температурного поля на этапах "предварительная подготовка грунтов основания с необходимыми механическими свойствами – строительство – эксплуатация турбоагрегата" [1].

В качестве средства достижения поставленной цели использованы численные методы решения систем дифференциальных уравнений теплопроводности [2], позволившие реализовать задачу прогноза нестационарного температурного поля в анизотропных грунтах основания монолитной плиты с учетом регионального климатического и инженерно-геокриологического факторов, технологических тепловых нагрузок от ГПА, для различных компоновочных строительных решений, с использованием пассивной изоляции новыми строительными материалами и активной неэнергоемкой сезоннодействующей теплоизоляции парожидкостными охлаждающими устройствами.

В результате выполнено исследование закономерности формирования и динамики температурного поля многолетнемерзлых грунтов оснований под воздействием природных и техногенных факторов для климатических и инженерно-геокриологических условий площадок КС располагаемых на наиболее "опасных" территориях - ММП не сливающегося типа, рис. 1,2, 3.

Техническим результатом работы является численное обоснование возможности использования "природного" криогенного ресурса для оптимизации затрат в строительство магистральных компрессорных станций с ГПА на монолитной плите.

Обоснована необходимость разработки конструктивной расчетной схемы типового пространственного ростверка и методики "привязки" технического решения к инженерно-геокриологическим и климатическим параметрам площадок строительства, посредством "создания" в грунтах оснований массива с заданными механическими свойствами. Это, по мнению авторов, позволит существенно сократить сроки проектирования турбоагрегатов на всех 10 компрессорных станциях (и "тальных", и "мерзлых") проектируемой системы магистральных газопроводов.

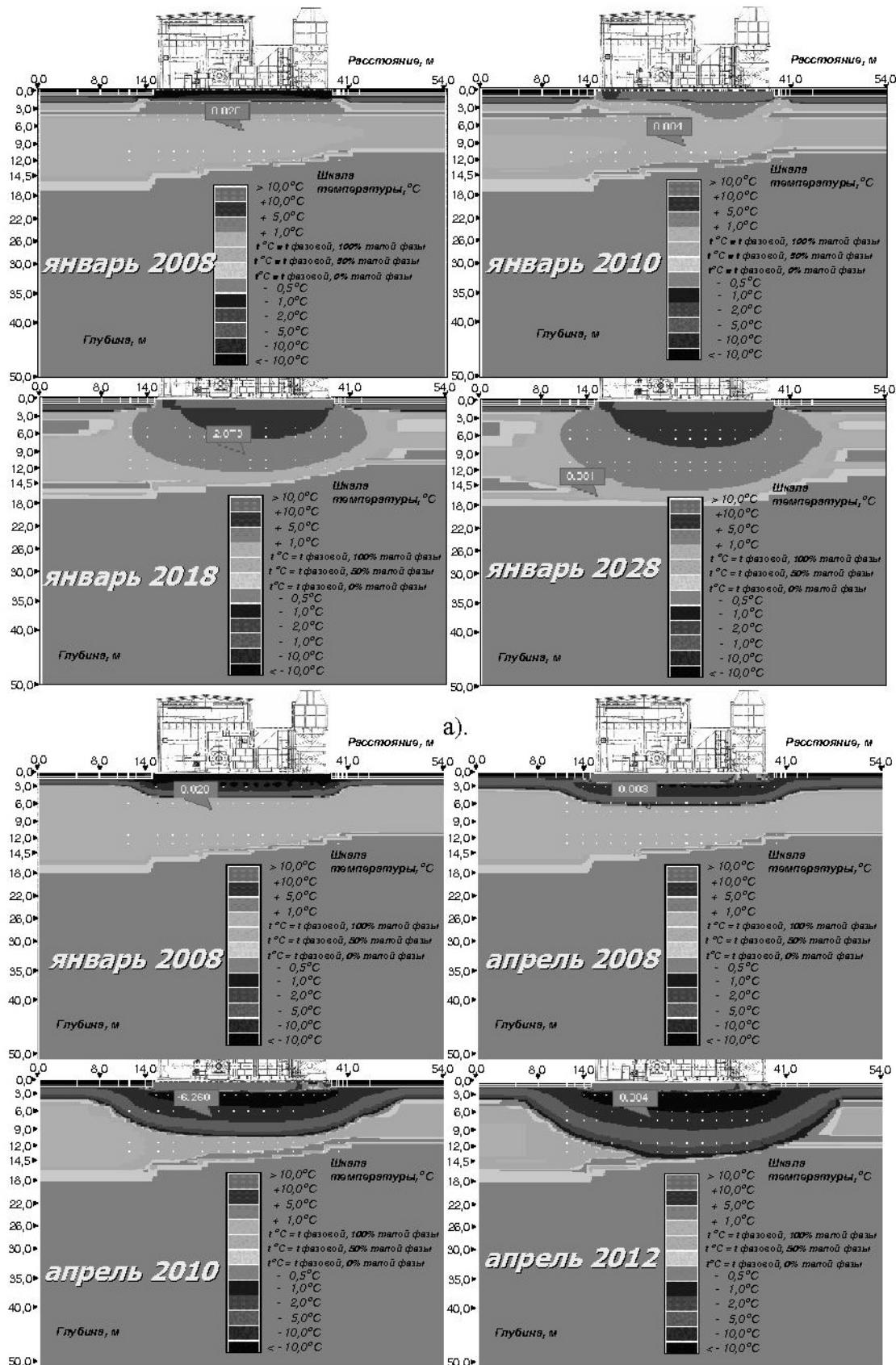


Рис. 1. Расчетное температурное поле грунтов оснований

.а) – теплоизоляция монолитной плиты "пеноплексом" 400 мм; б) горизонтальное СОУ с принудительным легким пуском.

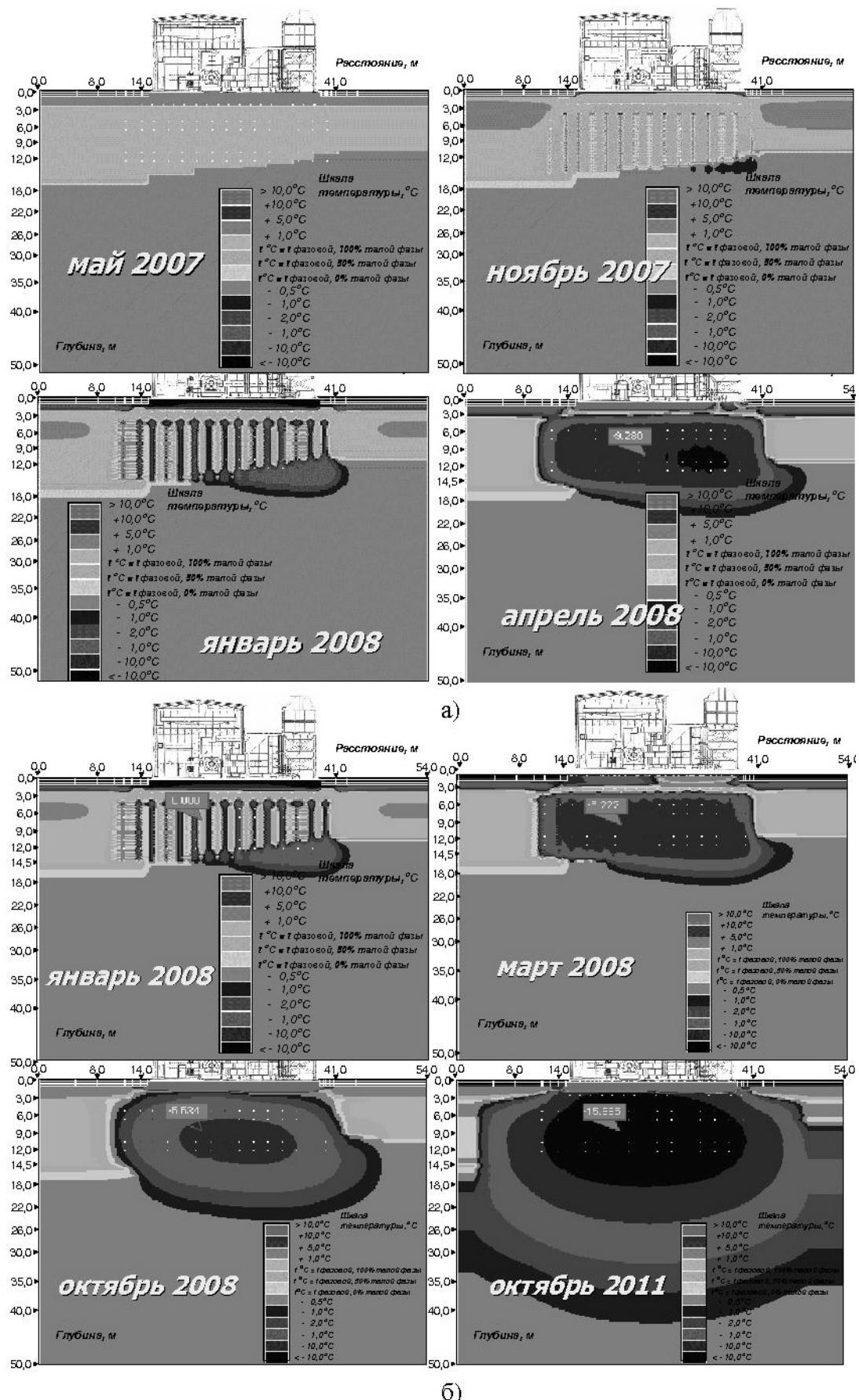


Рис. 2. Управление температурным полем грунтов с помощью охлаждающих систем BEET
а) предпостроенное промораживание; б) период эксплуатации.

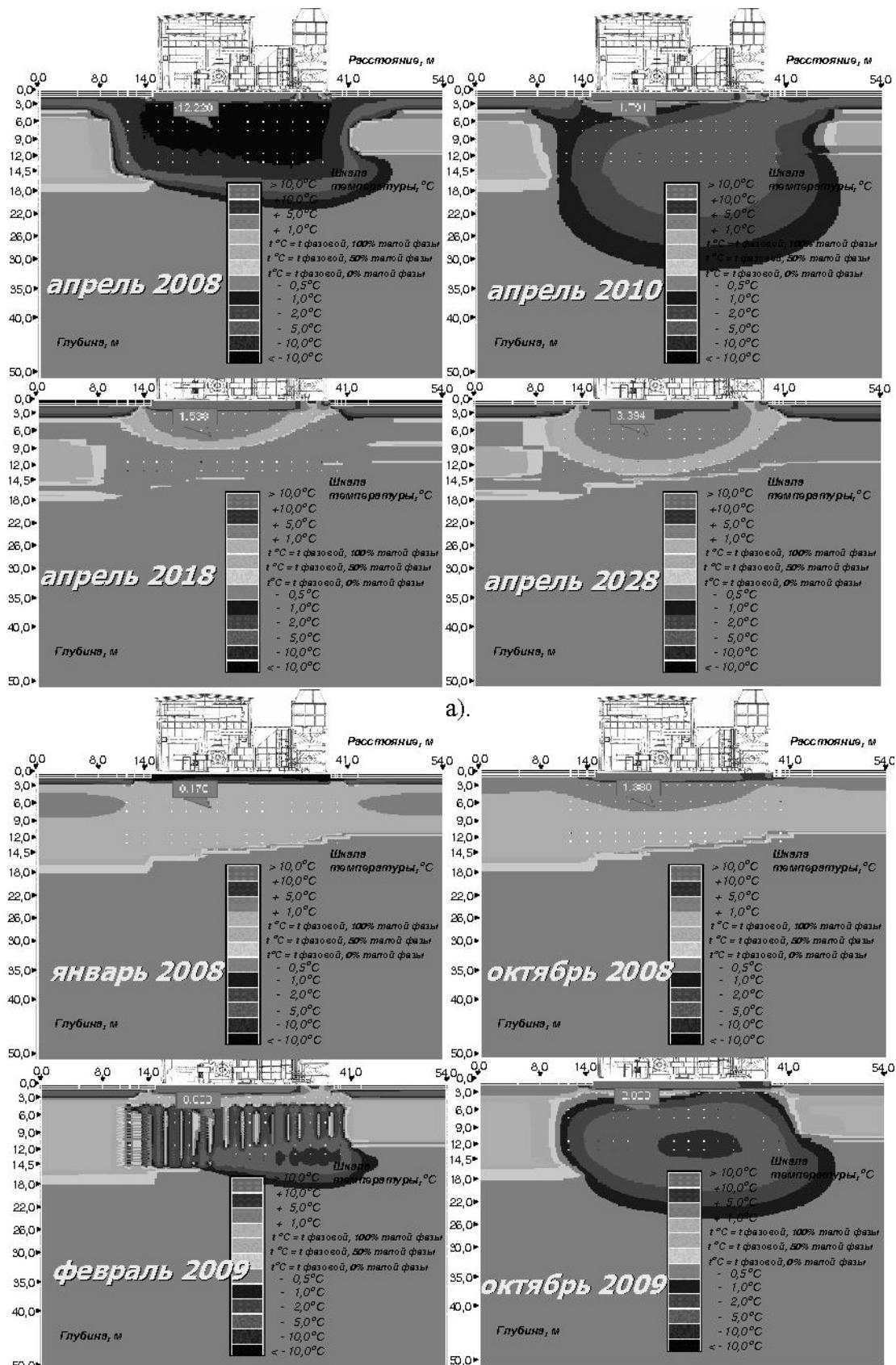


Рис. 3 Управление температурным полем грунтов с помощью охлаждающих систем ВЕТ
а) аварийный отказ ВЕТ; б) запуск системы ВЕТ после года тепловой нагрузки от ГПА.

ЛИТЕРАТУРА:

- Попов А.П. Геокриологический прогноз как основа оптимального решения по реконструкции нулевых циклов газопромысловых сооружений на крайнем Севере // Повышение эффективности освоения газовых месторождений крайнего Севера / Под ред. Р.И. Вяхирева. М.: Наука, 1997. с.374-388.
- РСН 67-87. Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами. – Госстрой России, 1987.

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕПЛОВОГО ВЛИЯНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ
НА МЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ**

Васькевич А.В., Паньшин А.Е.

Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень.

TECHNIQUE OF THE ANALYSIS OF THERMAL INFLUENCE OF THE PILE BASES ON FROZEN SOIL

Vaskevich A.V., Panschin A.E.

Earth Cryosphere Institute, Siberian Branch, RAS, Tyumen

Modeling of frozen soil temperature conditions is the important stage of the engineering design of industrial and civil constructions. The problem of frozen soil temperature conditions analysis can be divided into three stages: filling of the data table for calculations; compilation of the equations system for numerical modeling of thermal distribution and arranging the finite elements grid. For carrying out of the multiple analysis of such system an automation of a part of these stages is convenient. So, in the given work an automation of finite elements grid construction for the purpose of automatic construction of the data table and compilation of the equations systems of mathematical model is offered.

At the stage of geometrical model construction with the given accuracy it is important to get the typical images of potential fields with a minimum quantity of finite elements. Therefore the problem of geometrical model construction can be divided into two parts: simulating of the aggregated geometrical model which is necessary to estimate an average temperatures in the field of thermal agitation object, and also for the future decision of the problems of temperature fields management around the objects; simulating of the refinement geometrical model for the detailed analysis of temperatures around the separately located object.

Thus, in the given work the problem of automation of the computing analysis of frozen soil temperatures, consisting in algorithmization of system of the differential equations of mathematical model which is simulated under the topological scheme is considered.

Задача моделирования температурных режимов мерзлых грунтов, подверженных тепловому влиянию свайных конструкций, всегда остается актуальной. Основное внимание в этой работе уделено организации вычислительного эксперимента по анализу взаимовлияний свайных оснований, поэтому в качестве вычислительной основы выбраны типовые модели линейной теплодинамики [1].

Анализ температурных режимов мерзлых грунтов можно разделить на несколько этапов: построение сетки конечных элементов; составление таблицы данных для расчетов, включающей как теплофизические параметры системы, так и геометрические; составление системы уравнений для численного моделирования теплового распределения. Заключительным этапом численного моделирования является визуализация и анализ полученных данных, однако эта задача достаточно трудоемкая и требует более детального рассмотрения.

Для проведения многовариантного анализа теплофизической системы удобной является автоматизация некоторых этапов численного эксперимента. Так, в данной работе предлагается автоматизация построения сетки конечных элементов с целью автоматического построения таблицы данных и составления систем уравнений математической модели.

Ввиду высокой размерности системы предлагается разделять задачу геометрического и, как следствие, математического моделирования тепловых режимов мерзлых грунтовых оснований на две подзадачи:

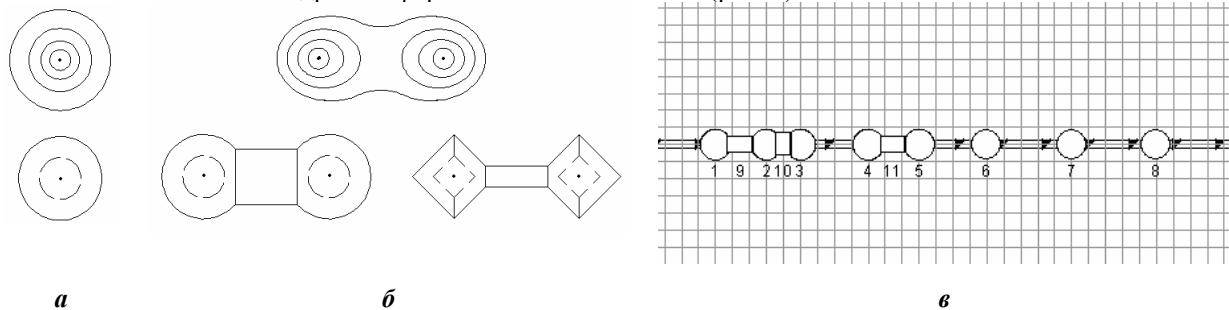
– составление агрегированной геометрической модели, на основании которой можно сделать выводы об осредненных значениях температур в области свайных оснований, наличии взаимовлияний и критических растяжений;

– составление доуточненной модели для анализа температур в области отдельно выделенной сваи.

Таким образом, разделяя задачу температурного моделирования свайных оснований, мы делаем процесс расчета математической модели экономичным. Цель разделения задачи геометрического конструирования заключается в построении упрощенной схемы для использования ее в дальнейшем при решении задач управления тепловыми режимами грунтов.

Составлению геометрической модели системы всегда уделяется достаточное внимание [2,3], так как от ее точности зависит конечный результат численного счета. Однако при повышении детальности описания среды увеличивается время, необходимое для ввода атрибутивной информации для каждого элемента, увеличиваются время счета и объемы получаемых в результате расчетов данных.

При построении агрегированной геометрической модели грунта удобно использовать кольцевые конечные элементы, так как они наиболее реально отображают распределение температуры вокруг одиночной сваи [4]. Однако когда речь заходит об учете взаимовлияний свай, а так же о повышении точности сетки, оптимальной становится квадратная форма конечного элемента (рис. 1).



В общем виде алгоритм построения сетки конечных элементов приведен на рис. 2.

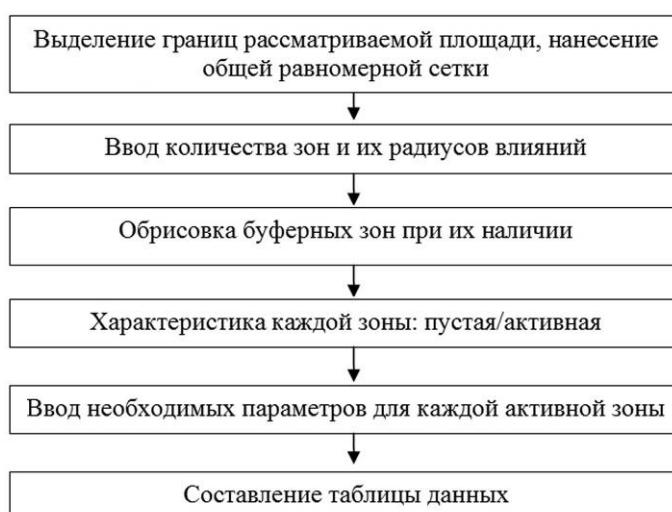


Рис. 2. Алгоритм построения сетки конечных элементов.

Ниже описаны все этапы, которые необходимо пройти для построения геометрической модели средствами ГИС MapInfo и составления сводной таблицы исходных теплофизических и геометрических параметров системы, необходимых для автоматического составления математической модели.

1. обозначить границы рассматриваемой площади, нанести общую равномерную сетку квадратных элементов, необходимую для удобства построения;
2. задать количество рассматриваемых зон (зависит от числа свай в пределах анализируемого участка) и их радиусы теплового влияния;
3. обрисовать буферные зоны при их наличии. Буферные зоны образуются при близком расположении активных зон, когда их совместным тепловым воздействием нельзя пренебречь;
4. охарактеризовать каждую зону: пустая или активная;
5. задать характеристики активных зон:
 - для сваи: геометрические размеры сваи (радиус, глубина погружения), температура теплового возмущения сваи, теплофизические параметры сваи (теплоемкость, теплопроводность);
 - для охлаждающего устройства: геометрические размеры трубы прямого и обратного тока (радиус, глубина погружения), начальная температура хладагента на входе охлаждающего устройства, скорость циркуляции хладагента, теплофизические параметры охлаждающего устройства (теплоемкость, теплопроводность).

На этом завершается процесс автоматизированного построения геометрической модели. Результатом данного этапа является таблица данных для математической модели, включающая как теплофизические, так и геометрические характеристики (рис. 3).

Данные Список										
Номер	Центр_X	Центр_Y	Площадь_элеме	НК_1	НК_2	ПлощадьК_1	ПлощадьК_2	Площадь_Зон	Активная_Пуста	Со_сваей_s
1	15	34,5	75,1745	4	0	5,78213	0	25,2887	1	1
2	29,8	34,9	61,5955	4	5	5,56419	8,22842	16,2842	0	0
3	39,9	34,9	65,6109	5	0	8,22842	0	21,9109	1	1
4	22,4	34,5	49,1481	1	2	5,78213	5,56419	17,1196	0	0
5	34,85	34,9	46,6629	2	3	8,22842	8,22842	11,3419	0	0

Рис. 3. Таблица начальных параметров системы.

Результирующая таблица содержит 23 колонки, данные в которых являются основными для построения математической модели системы. Для дальнейших расчетов необходимо ввести такие же общие параметры: шаг дискретизации по вертикали ΔH ; температуру окружающей среды q_0 ; значения теплопередачи «свай-массив», «охлаждающее устройство-массив», «приземная атмосфера-массив», « j -ая – i -ая зоны», теплоемкость массива; глубину рассматриваемого массива мерзлого грунта.

Общая система уравнений для рассматриваемого массива мерзлого грунта составляется на основе следующих уравнений для каждого структурного элемента:

- общая модель j -той зоны:

$$\begin{aligned}
& \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & \ddots & & & & \\ & & O & & & \\ & & & \ddots & & \\ & & & & 1 & \\ & & & & & \ddots \\ & & O & & & \\ & & & & & 1 \end{bmatrix}}_{T_j} \underbrace{\begin{bmatrix} \dot{q}_{1,j} \\ \vdots \\ \dot{q}_{l,j} \\ \vdots \\ \dot{q}_{k,j} \\ \vdots \\ \dot{q}_{k+1,j} \end{bmatrix}}_n = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\lambda_{cj}}{\lambda_j} + 1 & -1 & & & & & \\ & \ddots & & & & & \\ & & O & & & & \\ & & & -1 & 2 & -1 & \\ & & & & \ddots & & \\ & & & & & O & \\ & & & & & & 2 & -1 \\ & & & & & & & -1 & 2 \end{bmatrix}}_{\widetilde{N}_j} \underbrace{\begin{bmatrix} q_{1,j} \\ \vdots \\ q_{l,j} \\ \vdots \\ q_{k,j} \\ \vdots \\ q_{k+1,j} \end{bmatrix}}_n + \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\lambda_{cj}}{\lambda_j} & 0 & & & & & \\ & \ddots & & & & & \\ & & O & & & & \\ & & & 0 & 0 & & \\ & & & & \ddots & & \\ & & & & & q_{k+2} & \\ & & & & & & \sum_{i \in I(j)} \nu_{j,i} \frac{\lambda_{j,i}}{\lambda_j} \end{bmatrix}}_{\widetilde{E}_j} \underbrace{\begin{bmatrix} q_{1,i} \\ \vdots \\ q_{l,i} \\ \vdots \\ q_{k,i} \\ \vdots \\ q_{k+1,i} \end{bmatrix}}_n + \\
& \underbrace{\begin{bmatrix} q_{1,j} \\ \vdots \\ q_{l,j} \\ \vdots \\ q_{k,j} \\ \vdots \\ q_{k+1,j} \end{bmatrix}}_n + \\
& + \underbrace{\begin{bmatrix} \leftarrow l \rightarrow & 0 \\ 1 & \ddots & 0 \\ & \ddots & \vdots \\ & & 1 \\ & & & \leftarrow l \rightarrow \\ & & & \left[q s_{1,j} \right] \\ & & & \vdots \\ & & & \left[q s_{l,j} \right] \end{bmatrix}}_{J_l} - \underbrace{\begin{bmatrix} \leftarrow l \rightarrow & 0 & 0 \\ 1 & \ddots & 0 \\ & \ddots & \vdots \\ & & 1 \\ & & & \leftarrow k+1 \rightarrow \\ & & & \left[q_{k,j} \right] \\ & & & \vdots \\ & & & \left[q_{k+1,j} \right] \end{bmatrix}}_{J_k} + \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & & & & & \\ & \ddots & & & & & \\ & & O & & & & \\ & & & \frac{\lambda_{uj}}{\lambda_j} & L_u & & \\ & & & & \ddots & & \\ & & & & & O & \\ & & & & & & \leftarrow k \rightarrow \\ & & & & & & \left[q u_{1,j} \right] \\ & & & & & & \vdots \\ & & & & & & \left[q u_{k,j} \right] \end{bmatrix}}_{J_k} - \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & & & & & \\ & \ddots & & & & & \\ & & O & & & & \\ & & & \frac{\lambda_{uj}}{\lambda_j} & L_u & & \\ & & & & \ddots & & \\ & & & & & O & \\ & & & & & & \leftarrow k \rightarrow \\ & & & & & & \left[q u_{1,j} \right] \\ & & & & & & \vdots \\ & & & & & & \left[q u_{k,j} \right] \end{bmatrix}}_{J_k} \Bigg),
\end{aligned}$$

или в общем виде

$$T_j \dot{\mathbf{q}}_j = -N_j \mathbf{q}_j + E_j \mathbf{q}_e + d_j \sum_{i \in I(j)} \mu_{j,i} (\mathbf{q}_i - \mathbf{q}_j) + \chi_{sj} J_t (\mathbf{q} s_j - J_t^T \mathbf{q}_j) + \chi_{uj} J_k (\mathbf{q} u_j - J_k^T \mathbf{q}_j),$$

где j – номер зоны; T_j , N_j , E_j - матрицы коэффициентов; $\mu_{j,i}$ - доля контакта с сопрягающими зонами; \mathbf{q}_j , \mathbf{qu}_j , \mathbf{qs}_j - вектор состояния j -той зоны (вертикаль), охлаждающего устройства и сваи соответственно; \mathbf{q}_c - вектор граничных значений температур. Уравнение для общей модели j -той зоны включает в себя влияние теплового воздействия сваи, охлаждающего устройства и сопрягающих зон. Последующие уравнения составляются подобным образом:

- модель охлаждающего устройства:

$$N_{v,j} \mathbf{q} \mathbf{u}_j = E_{v,j} q_{v,j} + \chi_{v,j} J_k^T \mathbf{q} ;$$

- модель свай:

$$\tau_s \dot{\mathbf{q}} \mathbf{s}_i = -N_s \mathbf{q} \mathbf{s}_i + \chi_{Ti} (J_k^T \mathbf{q}_i - \mathbf{q} \mathbf{s}_i) + \chi_{s0} \mathbf{1}_1 (q_0 + q_{T,i});$$

- модель фонов:

$$T_\phi \dot{\boldsymbol{q}}_\phi = -N_\phi \boldsymbol{q}_\phi + E_\phi \boldsymbol{q}_c.$$

Согласно вышеизложенного, создание платформы для анализа теплового влияния свайных оснований на мерзлые грунты заключается в следующем: геометрическом конструировании вычислительной сетки; автоматизации вычислений правых частей дифференциальных уравнений системы на основе топологической модели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дубина М.М., Красовский Б.А. Теплообмен и механика взаимодействия трубопроводов и скважин с грунтами. – Новосибирск: Наука, 1983. с. 136
2. Cavin P., Gravouil A., Lubrecht A.A., Combescure A. Efficient FEM calculation with predefined precision through automatic grid refinement, Finite Elements in Analysis and Design 41 (2005) с.1043–1055.
3. Tabarraei A., Sukumar N. Adaptive computations on conforming quadtree meshes, Finite Elements in Analysis and Design 41 (2005) с. 686–702.
4. Васькович А.В., Бакланов А.В. Вычислительные технологии геоинформационного анализа теплофизических свойств мерзлых грунтовых оснований // Вестн. кибернетики. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2007. - №6. – с. 18-24.

ОХЛАЖДАЕМЫЕ ГРУНТОВЫЕ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ПОД РЕЗЕРВУАРЫ НА ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

Вельчев С.П., Сизиков Л.В.

ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень

CONSTRUCTION OF COOLED BASEMENTS UNDER THE TANKS ON PERMAFROST USING THE SYSTEMS OF TEMPERATURE STABILIZATION

Vel'chev S.P., Sizikov L.V.

Scientific production company “Fundamentstroiarkos”, Tyumen

In the report, the basic technical solutions of the tanks basement construction is given (tank volume - 30000 m³). These tanks will be built in Vancor and Hylchuya fields.

Methods and ways of system installation using the new equipment and techniques is given in details.

The completely new decisions that are directed on the improvement of quality of products and CMP are given.

In the report, the results of economic efficiency of the new technical solutions application in comparison with the pile basements construction are given too.

ООО НПО «Фундаментстройаркос» с 1991 г. занимается использованием систем температурной стабилизации, когда впервые в России были использованы горизонтальные системы «ГЕТ» для устройства оснований под 4 резервуара V = 5 000 м³ на Сандибинском месторождении. Многолетние наблюдения и отзывы фирм Заказчиков наглядно говорят о надежности и долговечности данного технического решения.

Начиная с I полугодия 2006 г. нами было проведено несколько презентаций в ведущих нефтяных компаниях «ЛУКойл», «Нарьянмарнефтегаз», «Роснефть», «Транснефть» при подготовке технических решений по нефтепроводам «Ванкорское месторождение – НПС «Пурпе» и «Восточная Сибирь – Тихий Океан».

Мы считаем, что наиболее успешными и оперативными были наши совместные инициативы со специалистами ООО «Нарьянмарнефтегаз» во главе с главным инженером Исангуловым Альбертом Кашфилевичем, когда в марте 2006 г. на совещании в Московском офисе ООО «Нарьянмарнефтегаз» было принято решение отказаться от традиционного свайного основания под резервуары V = 20 000 м³ – 4 шт., V = 5 000 м³ – 4 шт. и V = 2 000 м³ – 2 шт. Пробная забивка сваи Ø 530 мм показала, что сваи не справляются с проектной нагрузкой.

Грунты представляют собой: насыпной грунт (2-3 м), суглинки сильно-льдистые (1-2 м), торф мерзлый (1-2 м) и далее суглинки слабольдистые.

Такой «кирпич» был явно не для свайного основания. Мы предложили водонасыщенный верхний грунт и торф выбрать и заменить на сухой, имеющий влажность не более 15 % не смерзшийся песок, уплотнить до проектной величины и на нем смонтировать под каждый резервуар по 12 основных автономных систем «ГЕТ» и 4 резервных полиэтиленовых системы без конденсаторной части для резерва и на случай, если возникнет необходимость в летний период подключить дополнительно холодильную машину.

Затем по периметру основания были смонтированы по 3 системы «ВЕТ» с вертикальными охлаждающими трубами ТОВ длиной по 10 м. На каждую систему «ВЕТ» было подключено по 25 шт. ТОВ. Это позволило исключить возможность продавливания основания в месте монтажа стенки резервуара.

Каре резервуара вместо традиционной земляной призмы было предусмотрено выполнить из железобетонных блоков и плит, а на расстоянии 2 м с внешней стороны были предусмотрены индивидуальные стабилизаторы ТК 32/10 с шагом 3 м, которые стали мерзлотной завесой и не допустили бы просачивание воды в период весенней распутицы в каре резервуара.

Практический интерес представляла организация поставок и монтажные работы. Большую часть изделий – подземную часть удалость доставить по железной дороге до ст. Усинск, и до конца зимника доставить до объекта, что обеспечило фронт работы в летний период.

Надземная часть, выполненная в специально разработанной универсальной упаковке по железной дороге была доставлена до Мурманского порта, далее морскими судами и перегрузкой на мелкие баржи была доставлена до п. Дресвянка. Учитывая необходимость закончить монтажные работы до первых морозов, впервые было осуществлена доставка блоков в кассетах по 7 шт. вертолетом МИ-26, как на подвеске, так и внутри грузового салона. Благодаря такой операции удалось запустить системы в эксплуатацию на 6 месяцев раньше нормативного срока.

Вторым крупным объектом с применением горизонтальных систем «ГЕТ» был резервуарный парк нефти и воды на Ванкоре, куда вошли 11 резервуаров $V = 20\ 000\ m^3$, 4 резервуара $V = 30\ 000\ m^3$, 2 резервуара $V = 5\ 000\ m^3$, 4 резервуара $V = 2\ 000\ m^3$, 2 резервуара $V = 1\ 000\ m^3$ и 2 резервуара $V = 400\ m^3$.

Геологический разрез ближайшей скважины показал, что это насыпной грунт, песок средней крупности, толщиной 1,5–2 м, затем суглинок бурый мерзлый льдистый толщиной 3–4 м и далее суглинок серый белый мерзлый слабольдистый.

Генпроектировщиком по этим объектам выступал Генподрядчик ЗАО «Коксохиммонтаж», который быстро вошел в курс дела и оперативно выдал исходные данные, согласовал технические решения.

В июне 2006 г. мы ознакомились с техническими решениями Заказчика ООО «НК «Роснефть» и проектным институтом ООО «НК «Роснефть» - НТЦ», в которых предлагалось свайные основания и металлический ростверк железобетонными плитами на резервуар $V = 20\ 000\ m^3$ было предложено установить по 576 шт. трубных свай $\varnothing 426$ – 530 мм и длиной от 12 до 14 м.

К доставке, бурению и монтажу таких оснований ЗАО «Коксохиммонтаж» не было готово, и освоить такой объем в один год становилось не реально.

Тогда мы вместе с активным участием генерального директора ЗАО «Коксохиммонтаж» Фуфаевым Валентином Александровичем смогли подготовить и доказать в департаменте нефти ООО «Роснефть» необходимость рассмотрения нашего предложения по устройству грунтовых оснований с использованием систем «ГЕТ» и вертикальных стабилизаторов производства ООО НПО «Фундаментстройаркос».

После изучения грунтов и проведенного прогнозного теплотехнического расчета были приняты следующие технические решения: для РВС $V = 30\ 000\ m^3$ предусматривалось 12 систем «ГЕТ» автономных из стальных изолированных $\varnothing 33,7$ х $3,5$ см. 09Г2С с конденсаторными блоками и другими частями системы.

Для обеспечения надежности работы системы и возможности ликвидации предаварийных техногенных ситуаций, которые могут возникнуть в процессе строительства и эксплуатации, были предусмотрены 12 автономных резервных систем без конденсаторной части.

Подземная часть резервных систем выполнена из полиэтиленовых труб ПЭ80ГА3SDR11 - 32х3 по ГОСТУ Р50838-95 со сроком эксплуатации 50 лет.

Таким образом, для РВС- $20\ 000\ m^3$ – 10 осн., 10 рез., РВС- $30\ 000\ m^3$ – 12 осн., 12 рез.; РВС- $5\ 000\ m^3$ – 2 осн., 2 рез., РВС- $2\ 000\ m^3$ – 2 осн., 2 полиэт.; РВС- $1\ 000\ m^3$ – 2 осн., 1 полиэт.; РВС- $400\ m^3$ – 2 осн., 1 полиэт. И по 12 термостабилизаторов по периметру. Всего было запроектировано и смонтировано 156 систем.

В этом проекте было предусмотрено много нового, направленного на повышение эффективности и надежности работы систем:

- введен ускоритель циркуляции типа УЦ, позволяющий увеличить скорость циркуляции хладагента в системе на 20-30 %;
- разработан узел замера давления, который позволил в любое время проверять давление в системе;
- использование в трубной части конденсаторного блока 2 штампованных тройников вместо сварных соединений, а также использование на ускорители циркуляции штампованных калачей с углом 180°.

Учитывая сложные транспортные условия доставки конденсаторных блоков и изделий автомобильным транспортом по автозимникам, железнодорожным и морским способами доставки, прежняя конструкция покрытия блоков оказалась не долговечной.

Сейчас появились новые алюминиевые покрытия, которые более долговечны и стойки к осадкам и переменам температур.

Все выше перечисленные новшества и технические решения позволили получить экономию от устройства оснований для $V = 400$ – $2\ 000\ m^3$ – 23 %, для РВС $V = 5\ 000\ m^3$ – 45%, а для резервуаров емкостью $20\ 000$ – $30\ 000\ m^3$ получить экономию до 50 % по сравнению со свайным основанием (сравнительная таблица технико-экономических показателей устройства оснований под резервуары на м/р Ванкор с НДС без учета транспортных затрат от ст. Коротчаево до объекта прилагается).

Скоординированная работа Генподрядчика ЗАО «Коксохиммонтаж» и НПО «Фундаментстройаркос» привела к тому, что обе организации обеспечили досрочное строительство резервуарного парка на Ванкоре.

Вместе с тем есть и вопросы, требующие доработки:

- как правило, после монтажа и испытания подземной части Генподрядчик принимает основание для дальнейшего монтажа резервуара и технологических трубопроводов. Этот период может длиться от 3-х до 12-ти месяцев и зависит не от НПО «Фундаментстройаркос».
- системы запущены в эксплуатацию и работают, но Генподрядчик не всегда хочет принять эти системы под охрану и контроль, так как Заказчик у него эти системы тоже не принял.

- отсутствует нормативный документ, устанавливающий ответственного за системы до принятия объекта в целом.

На Ванкоре помимо резервуарного парка мы осуществляем строительство базы ОБП, где предусмотрено еще 135 систем «ГЕТ» и более 1000 шт. термостабилизаторов.

Работы осуществляются двумя Генподрядчиками ООО «СМО «Ямалстрой» (полный Генподрядчик) и ЗАО «Промстройсервис» (инжиниринговая компания). Результаты работ противоположны.

Несколько хуже развиваются события на Ямале. Тендеры выиграли новые инжиниринговые компании «Стройтрансгаз», «ГазИнСтрой», «Нефтегазстрой», «Стройгазконсалтинг». Эти организации не имеют своих подрядных организаций по общестроительным, земляным и свайным работам, не имеют производственных баз и железнодорожных тупиков.

Работа на субподрядных договорах проявляет множество нестыковок, а стоимость строительно-монтажных работ возрастает на 30-50 %, которые Заказчик компенсирует установлением понижающих коэффициентов исключительно для всех участников строительства.

Объединением за последние 2 года проведена большая работа по обновлению сварочного оборудования, токарного парка. Смонтирована линия по сборке термостабилизаторов длиной до 18 м и производительностью до 10 тыс. шт. в месяц при 3-х сменной работе.

Всего на реконструкцию за эти два года было израсходовано 43 млн. руб.

Проведена большая работа по усовершенствованию системы входного контроля и приемки продукции, выпускаемой производственными цехами № 1 и № 2.

Осуществляется фотографирование отдельных операций на местах и готового проекта в целом. Авторский надзор постоянно контролирует ход работы на объекте и полностью взаимодействует с технадзором Заказчика. В соответствии с установленными нормами был приведен перечень исполнительной документации.

Хотя наши системы и термостабилизаторы по своим техническим параметрам не подпадают под правила Госгортехнадзора, мы приняли решение и получили его разрешение на применение систем и термостабилизаторов на объектах I и II уровней сроком на 5 лет за № РРС 00-27521 от 14.12.2007 г. (разрешение прилагается).

Нами получено Заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы по технической документации «Системы и установки криогенные для термостабилизации грунтовых оснований в зоне развития мерзлоты, разработанные ООО НПО «Фундаментстройаркос».

Мы прошли аттестацию на проектные работы и производство работ по системе «Транссерт». Сейчас ведем работы по аттестации строительно-монтажных работ.

Но впереди еще большие задачи по расширению области применения систем термостабилизации грунтов на мерзлоте, в частности на нефтепроводах при их прокладке в зоне вечномерзлых грунтов. Необходимо отработать технику, технологию по термостабилизации устьев нефтяных и газовых скважин на Ванкорском и Хыльчуюском месторождениях, где проекты уже выполнены, а также поучаствовать на месторождениях Ямала.

Кроме того, есть интересные предложения по стабилизации опор мостовых переходов и полотен отдельных участков железной дороги «Обская – Бованенково».

Мы намерены продолжить наше сотрудничество с АК «АЛРОСА» по плотинам.

Приступаем к созданию института инженерного мерзлотоведения, куда приглашаем к сотрудничеству все ведущие институты, занимающиеся научной и проектной деятельностью в этой области.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НАЛЕДЕЙ НА ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Верхогуров А.Г.

Читинский государственный университет, Чита

ICEFIELDS IMPACT ON ENGINEERING OBJECTS

Verkhoguров А.Г.

Chita State University, Chita

Natural icefields are one of the strong factors in the geological processes. They belong to one of the landscape-forming factors because in mountainous areas of ice-stone zone they form icefield places and alluvium. Usually icefields (natural and caused by technological activities of people) influence the engineering constructions lead to the decrease of their stability, destruction of building materials and constructions.

Воздействие наледей на горные породы и инженерные сооружения является малоизученным процессом. Оно очень часто приводит к преждевременному прекращению фильтрации в дренирующих грунтах в основаниях земляного полотна из-за более высокой скорости дезинтеграции обломочного материала. На территории Забайкалья отмечается множество случаев разрушения кирпича, бетона и других материалов в цокольных этажах зданий, которые связаны с воздействием наледей. В пределах наледных участков происходит снижение несущей способности строительных конструкций, например опор мостов и даже их разрушение.

Автором, совместно с Д.М. Шестерневым и Г.Е. Ядрищенским [3], разработана методика оценки воздействия наледей на инженерные сооружения и горные породы в условиях "теплового удара" [1], под которым понимается экстремальное воздействие на охлажденные (иногда до $-30\text{--}40^{\circ}\text{C}$) горные породы или инженерные сооружения, природных наледеобразующих вод с температурами близкими к 0°C или, в случае техногенных наледей, с значительно более высокими температурами.

Одним из основных следствий воздействия наледей на горные породы и инженерные сооружения является активизация криогенного выветривания в результате фазовых переходов вода-лед. Эффект расклинивающего действия льда пропорционален количеству циклов замораживания-оттаивания (ЦЗО) и степени увлажнения породы [3]. Криогидратационный механизм разрушения горных пород в результате расклинивающего гидростатического давления в трещинах горных пород и последующих фазовых переходов на наледных участках имеет свои особенности. Это связано с тем, что меняются мощности отдельных наледных слоев, амплитуды колебаний температур цикла (оттаивания замерзания) и количества циклов излияния наледеобразующих вод. Непосредственно в зоне контакта наледи и горной породы развиваются высокие значения объемно-градиентных напряжений, что резко повышает интенсивность разрушения горных пород. Аналогичный механизм характерен и при воздействии наледей на инженерные сооружения.

Моделирование влияния наледей на изменение физико-механических свойств скальных пород при циклическом замораживании-оттаивании наиболее распространенных петрографических типов пород осуществлялось на образцах кубической ($4\times 4\times 4$ см) или цилиндрической ($h = 4$ см, $d = 4$ см) формы. Изучение воздействия наледей на рыхлые обломочные породы выполнялось для крупных фракций и на средних пробах, объем которых составлял: при крупности обломков 10-20 мм – 1-1,5 кг; 20-40 мм – 1,5-2,5 кг; 40-70 мм – 2,5-3 кг.

Образцы горных пород отбирались на репрезентативных наледных участках для последующего проведения лабораторных экспериментов.

Перед началом работ на основе микроскопических исследований определялись: петрографический состав, трещиноватость образцов изучаемых пород и основные их физические характеристики: плотность скелета ($\rho_{ск}$), влажности водопоглощения ($W_{пг}$) и водонасыщения ($W_{нс}$). Затем в каждом образце были определены скорость распространения упругих продольных (V_p) и поверхностных ультразвуковых волн (V_R). Для этого использовались приборы УК-10 ПМС и УК-10-П. По результатам исследований отбирались образцы, отличающиеся друг от друга по указанным выше свойствам не более чем на 10-25%, и объединялись в серии с соответствующей маркировкой. Из 20-30 первоначально изготовленных образцов в лабораторную серию, в соответствии с указанными выше требованиями, попадало не более 16-20 шт. Дальше серию делили на 4 группы по 4-5 образцов. По трем образцам из этих групп получали условно эталонные значения прочности на одноосное сжатие ($\sigma_{сж}$). Экспериментальные исследования $\sigma_{сж}$ в каждой группе через определенное количество ЦЗО осуществлялись с помощью гидравлического пресса ПСУ-250.

Потери массы образцов скальных пород и проб крупнообломочных фракций определялось до 50 ЦЗО с интервалом в 10-20 ЦЗО и далее через 100 и 200 ЦЗО. Определение $\sigma_{сж}$, скоростей прохождения ультразвуковых волн, влагонасыщения, влажности и плотности образцов скальных пород проводилось через 25, 50, 100 и 200 ЦЗО. Значения коэффициентов морозостойкости пород вычисляли по формуле

$$K_{мст} = 1 - (\sigma_{сж,0} / \sigma_{сж,N}),$$

где $\sigma_{сж,0}$ и $\sigma_{сж,N}$ – значение прочности образцов в сухом состоянии до начала (0) экспериментов и после заданного количества (N) ЦЗО. Параллельное определение скорости прохождения продольных волн позволило проследить закономерности снижения прочностных характеристик горных пород в результате воздействия наледных процессов.

Для выяснения, насколько интенсивнее протекают процессы криогенеза на наледных полянах по сравнению с окружающей территорией, экспериментальные исследования выполнялись также в аэральных и аквальных условиях. На диаграмме, представленной рис.1, показано изменение коэффициента морозостойкости в зависимости от количества циклов замораживания и оттаивания для пород Северного Забайкалья: палеозойских и протерозойских гранитов и для песчаников юрского и протерозойского возрастов.

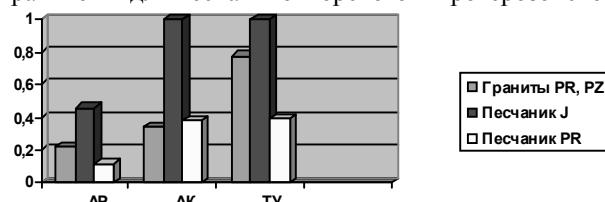


Рис. 1. Изменение коэффициента морозостойкости после 150 ЦЗО в аэральных (AP), аквальных (AK) и в условиях "теплового удара" (TU).

Полевое исследование воздействия наледей на инженерные сооружения выполнялось на участках техногенных и природных наледей. Так изучение группы зданий на свайных фундаментах по ул. Ползунова в г. Чите, оказавшихся в зоне влияния техногенных наледей, показало что на контактах инженерных сооружений с наледями получили развитие следующие дефекты:

а) Бетонные покрытия в подпольях практически разрушены. В настоящее время сохранились лишь его фрагменты, площадь которых не превышает 2-3 м².

2) Внутри периметра техногенных наледей наблюдается отслаивание защитного бетонного слоя, которое носит фрагментарный характер и в настоящее время достигает 1-5 см. Наибольшая интенсивность разрушения приурочена к верхней границе техногенной наледи.

3) Кирпичная кладка из красного кирпича в 1995 г. была разрушена в среднем на глубину 3,5 см, в 2006 г. на глубину до 15 см. Причем глубина разрушения практически симметрична и со стороны подвала и со стороны улицы по отношению к центральной оси стены. Следовательно, в настоящее время отдельные фрагменты стен опираются на слой красного кирпича, шириной до 30-35 см, при ширине стены 64 см.

Инженерно-геологическое обследование 15 участков мостовых переходов на Забайкальской железной дороги, выполненное ЗабайкалТИСИЗом с помощью наклонного бурения скважин, станками УКБ-12/25 колонковым способом алмазными коронками диаметром 59-93 мм с промывкой водой и с отбором керна для лабораторных исследований изменений прочности и морозостойкости материалов показало, что на наледных участках характер разрушения конструкций значительно интенсивнее. Фундаменты опор мостов сложены остроугольным щебнем и глыбами крупно- и среднезернистого гранита на цементном растворе. Наружная часть бутовой кладки облицована тесаными гранитными блоками. Опоры 4 мостов имели явно выраженные признаки начала разрушения. В них были обнаружены открытые трещины шириной от 1-2 до 5-12 мм. Эти разрушения отмечались там, где под мостами протекают постоянно действующие водотоки и ежегодно формируются сезонные гидрогенные или гетерогенные наледи.

Скрытое разрушение фундаментов 5 мостов было обнаружено по потере промывочной жидкости. Здесь уровень залегания грунтовых вод был на 1,0-1,5 м выше подошвы фундамента. В остальных случаях подошвы фундаментов мостов располагались выше уровня грунтовых вод. Их состояние было удовлетворительным.

По данным ЗабайкалТИСИЗа прочность гранитов, из которых изготовлены опоры мостов, в месторождении строительных материалов составляет 141 ± 7 МПа. Прочность водонасыщенных глыб и щебня гранита фундаментов нечетного пути (время эксплуатации 101 год) составляла 25-75 МПа, четного пути (время эксплуатации 43 года) – 53-94 МПа. В первом и втором случае цементный раствор, скрепляющий гранитные глыбы, разрушался от легкого механического воздействия. В отдельных случаях разрушались глыбы и щебень гранита.

Таким образом, за сто лет эксплуатации мостов, на участках воздействия наледей прочность материала фундаментов уменьшилась практически на 69%. Согласно экспериментальной проверке 10 образцов эти показатели соответственно равны 36 (± 9) и 73 (± 12)%.

В результате исследований установлено, что на участках, где наледи различных генетических типов действуют на горные породы и инженерные сооружения наблюдается резкое увеличение скорости разрушения мостовых опор, кирпичной кладки, бетонных покрытий и фундаментов зданий. Чтобы устранить воздействие наледей на инженерные сооружения должны быть использованы специальные материалы конструкций и покрытия, обеспечивающие максимальную устойчивость объектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алексеев, В.Р. Наледи / – Новосибирск: Наука, 1987. с. 160
3. Шестернев, Д.М., Верхотуров А.Г., Ядрищенский Г.Е. К методике исследований динамики криогенного выветривания скальных и крупнообломочных пород в Забайкалье // Сборник докладов и сообщений конференции «Инженерно-геокриологические проблемы Забайкалья, 1990» / Зап. Забайк. ф-ла Геогр. о-ва РФ. – Чита, 1992. – Вып. 125. с.114-117.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ В ПОСЕЛКЕ НОВЫЙ ДУКАТ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Власов В.П.

Северо-Восточная научно-исследовательская мерзлотная станция Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Магадан.

GEOLOGICAL-ENGINEERING REASONS OF BUILDING DEFORMATION IN THE SETTLEMENT “NOVIY DUKAT”, MAGADAN REGION

Vlasov V.P.

Melnikov Permafrost Institute, North-East Permafrost Scientific Station, SB RAS, Magadan

The monitoring results of objects, which have run serious deformations in one of permafrost highland zones of Russian North-East are given in the report.

После открытия в Магаданской области богатейшего по своим рудным запасам Дукатского месторождения серебра было решено для его хозяйственного освоения возвести мощный горнодобывающий комплекс, в состав которого входил и рабочий поселок с соответствующей инфраструктурой.

Поскольку район строительства находился в северной геокриологической зоне, то все жилые и общественные здания в новом поселке планировалось проектировать на свайных фундаментах по методу сохранения мерзлого состояния грунтов в основании сооружений с помощью вентилируемых подпольй (принцип I). Однако в связи с тем, что выбор местоположения поселка, названного Новым Дукатом, по сути осуществлялся волевым порядком, то назначенная для его размещения территория по мерзлотно-геологическим условиям оказалось не совсем благоприятной для реализации указанного метода.

Инженерно-геокриологическими изысканиями, выполнявшимися уже на стадии разработки технических проектов и рабочей документации, было установлено, что площадка планируемого строительства, приуроченная к долине ручья Бренчия, характеризуется прерывистым развитием высокотемпературных многолетнемерзлых пород (ММП) с неустойчивым геотермическим режимом. Здесь ручей в прошлом часто менял русло, образовывая многочисленные рукава и растепляя ММП под ними. В результате на данной территории встречаются природные участки надмерзлотных и сквозных таликов. Мерзлотно-гидрогеологическая обстановка осложнена тем, что в весенне-летний период эта территория постоянно подвергается воздействию обильной верховодки и склоновых поверхностных вод с окрестных сопок. Тектонические нарушения с отдельными разломами и крутым падением коренных пород предопределили крайне неравномерную мощность рыхлых отложений (от 5 до 30 м). Кровля коренных пород сильно выветрена. Эти породы представлены разборными трещиноватыми туфами, андезитами, липаритами, алевролитами и аргиллитами зачастую пониженной прочности в водонасыщенном состоянии. Перекрывающие их крупнообломочные элювиальные и делювиально-делювиальные отложения грунтов имеют различную степень льдистости и просадочности при оттаивании.

В начальный период строительного освоения территории (1980–1983 гг.) два первых жилых дома возводились на вмораживаемых в грунт сваях и еще девять, среди которых был детский сад, на сборно-монолитных ленточных фундаментах с допущением оттаивания ММП в основании с приспособлением конструкций к восприятию повышенных неравномерных деформаций (один из способов строительства по принципу II, так называемый «конструктивный метод»). Несмотря на увеличение общей пространственной жесткости сооружений с разрезкой на отдельные отсеки, обеспечить их устойчивость не удалось. Наибольшим деформациям подверглись здания, находившиеся на границах сопряжений талых и оттаивающих мерзлых оснований.

Необходимо отметить, что в течение нескольких лет с начала строительства зона растепления охватила практически всю территорию застройки. В ней оказались и жилые дома, построенные по принципу I, свайные фундаменты которых также потеряли свою несущую способность. Все деформирующиеся здания пришлось вывести из эксплуатации, а после неудач с ремонтно-восстановительными работами (1987–1990 гг.) демонтировать из-за опасности обрушения надземных конструкций [1].

В этой связи представляют научно-практический интерес результаты выполненного в те же годы инженерно-геологического обследования для определения причин аварий зданий и сооружений.

Установлено, что на недостаточную надежность технических решений оснований и фундаментов повлияла недооценка особенностей мерзлотно-грунтовой и гидрогеологической обстановки на территории застройки со сложным рельефом местности, где планировка осуществлялась засыпкой понижений крупносkeletalным материалом. Такая засыпка в большинстве случаев не обеспечивает теплозащиту ММП между тепловыделяющими зданиями. Она, наоборот, способствует возникновению быстро углубляющихся и расширяющихся надмерзлотных таликов в результате фильтрации просочившихся поверхностных вод и аварийных утечек из всевозможных водоводов и теплотрасс. Фильтрационные потоки в таликовых зонах интенсифицируют термокарст и ведут к подземной термоэрзии, проникающей в основания эксплуатируемых зданий. При этом чаши протаивания под ними приходят в нестационарное состояние с хаотическими очертаниями в пятне сооружений. Данное обстоятельство вызывает быструю, а потому и наиболее опасную неравномерность осадок грунтов и, как следствие, недопустимую деформацию фундаментов, к которым не успевают приспособиться здания. По уточненным данным крупнообломочные грунты, использованные на рассматриваемой территории в качестве оснований сооружений, характеризовались как более просадочные при оттаивании в сравнении со значениями, приводимыми в предпостроечных изысканиях.

Исследование еще раз подтвердило крайнюю ограниченность возможности безопасного строительства по «конструктивному методу». Как показывает опыт (в том числе и в других районах криолитозоны [2]), практически невозможно добиться устойчивости зданий на льдистых ММП только за счет повышения прочности конструкций. Очевидно, что в данных условиях целесообразно было бы произвести инженерную подготовку оснований с помощью предварительного оттаивания крупнообломочных пород.

Что касается двух вышеупомянутых жилых домов на фундаментах с вентилируемыми подпольями, то опасность влияния растепления ММП на устойчивость этих сооружений заложена уже в самом методе устройства вмороженных свай, который не предусматривает плотного сопряжения их торца с забоем скважин: между ними, как правило, всегда остается зазор от 0,3 м и более, заполненный слоем шлама [3]. С повышением температуры ММП (и тем более их протаиванием) происходит резкое перераспределение основной доли сопротивления внешним нагрузкам с боковой поверхности на подошву свай. В результате они начинают неравномерно вдавливаться в шлам, который при растеплении теряет прочность, а при оттаивании разжижается. Только за счет его пластических деформаций просадки фундаментов превысили предельно допускаемые нормами [4] значения, что и стало причиной потери устойчивости зданий.

После того, когда стало очевидным, что применяемые методы фундаментостроения не обеспечивают сохранность и долговечность, а также требуемые эксплуатационные качества сооружений, было решено дальнейшее строительство (с 1984 г.) осуществлять только на буроопускных сваях-стойках, опиравшихся на скальные грунты (принцип II). Переход на эту технологию позволил существенным образом изменить обстановку к лучшему. Абсолютное большинство объектов, построенных в поселке на сваях-стойках, не испытывает серьезных деформаций, за исключением одного случая, который связан с возникновением аварийной ситуации на здании школы, введенной в эксплуатацию в 1989 г.

В состав фундамента школы входят сваи глубиной заложения от 10 до 18 м, что вызвано чрезвычайно неравномерным залеганием кровли коренных пород, перекрытых просадочной при оттаивании мерзлой толщей рыхлых отложений различной мощности. Согласно проекту опорными пластами буроопускных свай-стоеч должны были быть аргиллиты, переслаивающиеся с алевролитами и песчаниками средней прочности, временное сопротивление которых сжатию в водонасыщенном состоянии по данным предпостроек изысканий оценивалось в пределах 20 МПа. Здесь следует заметить, что проектировщики не были уверены в достоверности показанных на геологических разрезах верхних границ распространения скальных грунтов. Поэтому при отсутствии пород необходимой прочности на проектных отметках, ими рекомендовалось углублять буровые скважины под сваи-стойки до обнаружения подходящего по проектно-технологическим параметрам скального основания. Субъективность такой рекомендации для строителей уже закладывала основы для будущих ошибок при производстве свайных работ, что и произошло в действительности.

Инженерно-геологическое обследование грунтов в основании аварийного объекта, осуществленное в 2004-2005 гг. показало, что большая часть свай фундамента школы установлена на горные породы, которые классифицируются как элювий алевролитов, аргиллитов, песчаников и на отдельных участках липаритов. Элювиальные отложения являются продуктами разрушения (выветривания) коренных пород. В рассматриваемом случае они по гранулометрическому составу были весьма неоднородны и представлены дресвяно-щебенистым материалом с супесчаным и суглинистым заполнителем. В мерзлом состоянии для таких крупнообломочных грунтов характерно наличие коркового льда и льда, заполняющего трещины и пустоты между отдельными обломками: они, как правило, дают большие неравномерные осадки при оттаивании.

В принципе выявленный фактор является главной причиной осадочных деформаций и повреждений здания школы, который был усугублен тем, что при проектировании фундамента с разнозаглубленными сваями, не учитывалось влияние на их работу сил нагружающего трения оттаивающих грунтов [5].

На момент завершения инженерно-геологического обследования (2005 г.) нижняя граница чаши прорастания ММП в основании сооружения находилась ниже подошвы свайного фундамента практически под всем пятном здания. Исключение составляли лишь отдельные участки вдоль южного фасада, где мерзлое состояние пород опорных пластов буроопускных свай-стоеч пока сохранилось, но тенденция к их растеплению прослеживается довольно четко. Если не будут предприняты превентивные меры, дальнейшее развитие просадок свайного основания может привести к катастрофическим последствиям, поскольку, несмотря на аварийную ситуацию, школа продолжает эксплуатироваться. Здесь также нельзя сбрасывать со счетов и то, что положение дел на рассматриваемом объекте может усугубиться в результате сейсмических проявлений, имеющих место в данном районе строительства, которые могут сопровождаться «перетряхиванием» растянутых и обводненных грунтов с переупаковкой минеральных агрегатов, вызывая дополнительную и, как правило, неравномерную осадку фундаментов [6].

Исходя из оценки физико-механических свойств обследованных грунтов в свайном основании, на указанном объекте в качестве укрепительных мероприятий может быть рекомендован комплексный метод, включающий задавливание гидравлическими домкратами теряющих несущую способность свай до плотного упора в растянутый грунт [1], подстилаемых прочным скальным основанием и цементацию ослабленных прорастающими выветрелыми и трещиноватыми коренными пород [7] на отдельных участках свайного фундамента.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Власов В.П. Проблемы надежности оснований и фундаментов в Магаданской области // Основания, фундаменты и механика грунтов. -2004. - №2. с. 24–29.
2. Инженерная геокриология: Справочное пособие / Э.Д. Ершов, Л.Н. Хрусталев, Г.И. Дубиков, С.Ю. Пармузин. -М.: Недра, с.1991. – 439.
3. Растегаев И.К. Технология и механизация работ по строительству свайных фундаментов на вечномерзлых грунтах. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1980. с.128.
4. СНиП 2.02.01-83*. Основания здания и сооружений.
5. Власов В.П. Особенности свайного фундаментостроения в талых и оттаивающих грунтах Магаданской области. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1992. – 176 с.
6. Власов В.П., Гулый С.А., Чегурова И.В. Влияние сейсмических проявлений на устойчивость зданий в криолитозоне // Основания, фундаменты и механика грунтов. –2007. – № 1. с. 21–25.
7. Эпштейн И.Я. Свайно-инъекционные фундаменты на вечномерзлых грунтах // Принципы управления криогенными процессами при освоении территории с многолетнемерзлыми породами / Вып. 7. Докл. и сообщ. на II-ой международной конференции по мерзлотоведению. – Якутск: Кн. изд-во, 1973. с. 81–89.

ПРОГНОЗ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ ПРИ
ИЗЫСКАНИЯХ В РАЙОНАХ ПРЕРЫВИСТОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

Ворошилина И.Н.¹, Самсонова В.В.¹, Марамыгина М.С.²

¹Институт криогенных ресурсов ТюмГНГУ-ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень;

²ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень.

PROGNOSIS OF TECHNOGENIC IMPACT ON THE BUILDINGS BASEMENTS IN THE AREAS OF
DISCRETE CRYOLITHOZONE

Voroshilina I.N.¹, Samsonova V.V.¹, Maramygina M.S.²

¹Institute of Cryogenic Resources, Tyumen State Oil & Gas University, Tyumen

² Scientific production company “FundamentStroyArcos”, Tyumen

The forecast modeling of technogenic loads (an aired underground, embankment, snow cover, seasonally-cooling device) on the basements on plastic frozen grounds and sites of distribution of discrete permafrost in the climatic conditions of a transitive zone between forest-tundra and northern taiga within the limits of Pur-Tazovskoe watershed was made. Recommendations and technique guidelines on application of numerical geocryological prognosis for standardization of characteristics of a snow cover regime, control of technogenic snow cover and regulation of the period of embankment construction can be used on the stages of researching and project.

Лесотундра и северная тайга Западной Сибири отличается пестрыми и сложными инженерно-геокриологическими условиями. Характерно прерывистое распространение многолетнемерзлых пород (ММП) и наличие участков с пластично-мерзлыми грунтами, несливающимся типом или возможностью новообразования ММП. Использовать типовые решения, руководствуясь при проектировании инженерных сооружений только рекомендациями соответствующих нормативных документов, трудно. Геокриологический прогноз на стадии изысканий предусмотрен рядом нормативных документов (РСН 31-83, РСН 67-87). На практике традиционно осуществляются расчеты по рекомендациям СНиП 02.04-88 либо качественный геокриологический прогноз. Количественный прогноз не выполняется, несмотря на то, что в связи с современными тенденциями изменения климата и динамикой состояния верхних горизонтов ММП его реализация весьма актуальна.

Численный прогноз реализован при нормировании техногенных нагрузок на основания сооружений в климатических условиях переходной зоны между лесотундрой и тайгой в пределах Пур-Тазовского междуречья. Прогноз выполнялся на основе моделирования техногенного воздействия на ММП в специализированной программной среде. Последовательно выполнены: анализ региональных климатических и локальных ландшафтно-геокриологических условий района строительства; выбор типовых разрезов для создания моделей исходных данных; прогнозное моделирование влияния техногенных изменений теплообмена на температурный режим ММП (техногенного снегонакопления на свойства геологической среды площадок, насыпи на состояние оснований сооружений; вариантов реализации возможных способов и технических решений по тепловой мелиорации грунтов), анализ возможности использования результатов прогноза динамики инженерно-геокриологических условий для разработки рекомендаций по принципам использования грунтов оснований и технических решений. В качестве методической основы прогнозного моделирования использованы (с адаптацией и корректировкой, соответствующей целям его выполнения на стадии изысканий) разработки: по реализации прогноза с применением метода вычислительного эксперимента [2,3] в части подготовки модели исходных данных и критериев оценки адекватности модели теплового поля грунтов фактическому; по моделированию температурного режима грунтов для выявления пороговых и критических значений техногенного увеличения снегонакопления от времени его воздействия [1].

На первом этапе - ретроспективном прогнозном моделировании с целью стандартизации характеристик режима снегонакопления выполнялась корректировка метеозначений снежного покрова в модели исходных данных. Корректировка значений данных о снежной толще и имитация различных режимов ее накопления позволяет получить прогнозную модель, соответствующую тепловому состоянию литогенной основы ландшафта на момент выполнения изысканий. Это состояние (принимая во внимание, что составление карт инженерно-геокриологического районирования выполняется с учетом ландшафтной дифференциации и типизации ландшафтных комплексов) соответствует природной норме. Поскольку оно принимается в качестве исходного при моделировании влияния техногенных нагрузок, поскольку откорректированные значения изменения мощности снежного покрова, обеспечивающие сохранение классификационных геокриологических параметров ландшафтных комплексов (температура на глубине нулевых годовых теплооборотов, мощность деятельного слоя), так же должны приниматься как исходные, т.е. в качестве стандарта. Наличие такого стандарта при выполнении по материалам изысканий перспективного прогнозного моделирования изменений условий теплообмена на поверхности с учетом возможных техногенных воздействий позволит обоснованно реализовать результаты прогноза в процессе проектирования объектов. Выполнить на их основе оценку сохранности в процессе эксплуатации сооружения основной характеристики качества инварианта

ландшафтного комплекса - температуры грунтов литогенной основы на глубине нулевых годовых теплооборотов либо целесообразности целенаправленного изменения ее значений на участках развития несливающейся мерзлоты, т.е. рекомендаций по принципу использования грунтов основания. Стандартизация режима снегонакопления дает возможность перейти к нормированию этого вида техногенной нагрузки и оценить ее влияние на температурный режим грунтов, задавая при перспективном прогнозном моделировании характеристики мощности снежного покрова, кратные полученным стандартным значениям. Потребность в корректировке начальных данных (модели исходных данных) связана и с тем, что согласно нормативным документам при прогнозном моделировании температурного поля необходимо исходить из параметров теплообмена, измеренных в натурных условиях в период инженерно-геологических изысканий (теплопроводность, теплоемкость, удельная теплота фазовых переходов), и на метеоплощадках государственной сети. При этом параметры по степени изменчивости в пространственно-временном отношении дифференцируются на «детерминированные» и «недетерминированные». К первым относится многолетняя среднемесячная температура воздуха (СНиП 23-01-99) и теплофизические характеристики грунтов разреза (СНиП 2.02.04-88), вторым - удельная теплота фазовых переходов в деятельном слое, а также мощность и плотность снежного покрова. Недетерминированные параметры изменяются в пределах элементарных геосистем (фаций) в зависимости от ландшафтных условий теплообмена, определяемых особенностями микрорельефа и неоднородностью растительного покрова за счет парцелл (микрогруппировок растительности). Корректировка необходима для повышения адекватности как модели исходных данных, так и результатов прогноза реальным тепловым процессам и направлена на получение и использование в процессе перспективного прогнозного моделирования геотехнического температурного поля «адаптированных» значений «недетерминированных параметров». Диапазон значений «недетерминированных параметров» должен быть ограничен, исходя из их природной изменчивости, характерной для типа ландшафтного комплекса в рассматриваемом районе. Влажностью деятельного слоя управлять очень сложно, поэтому для стандартизации, используется высота снежного покрова. Модель теплового поля в грунтах на момент изысканий, полученная на этом этапе, используется в дальнейшем при перспективном прогнозном моделировании для решения вопросов нормирования техногенного воздействия и задается в качестве начального (ландшафтного) температурного поля.

На втором этапе выполнялось перспективное прогнозное моделирование техногенного теплового поля в грунтах площадки, которое может сформироваться в процессе изменения микроклиматических условий и геологической среды при строительстве объекта в зоне его воздействия. К таким возможным воздействиям относятся изменение морфологии поверхности площадки - насыпи, прямое и косвенное влияние объекта на режим снегонакопления, мероприятия по тепловой мелиорации грунтов (изменение характера теплообмена на участках сооружений с проветриваемым подпольем, применение систем термостабилизации состояния грунтов). В задачи прогнозного моделирования техногенного теплового поля в грунтах основания входит определение размеров зоны потенциального влияния таких изменений на геологическую среду при совокупном воздействии техногенных факторов. Проверяется эффективность мероприятий по сокращению воздействия - работы проветриваемого подполья в первые годы. Задаются параметры техногенных воздействий - выполняется корректировка модели разреза, дополняется показателями грунтов насыпи и при одной (неизменной) высоте отсыпки выполняется моделирование разной высоты снега по зимним месяцам, кратной полученному до этого стандарту, либо его отсутствие. Контролируются - глубина прорывания (в начальный период воздействия) и характер распределения температур разреза (на весь период расчета) на основе анализа разных временных срезов показатели температуры грунтов, снятых с полученной при этом прогнозной модели. Затем высота подсыпки изменяется (увеличивается или уменьшается), т.е. повторяется цикл моделирования с разной, но соотносимой со стандартом в кратном отношении высоты снега с аналогичным контролем параметров, обеспечивающих адекватность результатов моделирования. Моделировалось воздействие отсыпки на грунты основания для трех типов разреза - пластично-мерзлые ММП, твердомерзлые ММП, с несливающимися типом ММП. Результаты прогнозного моделирования показали, что при строительстве на участках развития пластично-мерзлых грунтов и несливающегося типа ММП необходимо нормировать не только режим снегонакопления, но и условия периода выполнения отсыпки. При устройстве фундаментов на участках с пластично-мерзлыми ММП и с несливающимся типом ММП, отсыпку рекомендуется проводить на мерзлый грунт. Формирование несливающегося типа ММП в грунтах разреза связано с повышенным природным снегонакоплением, обусловленным преобладающим типом растительности, развитым на таких участках, что свидетельствует о необходимости нормирования снеговых нагрузок в контуре площадок строительства. Оказалось, что на таких участках при всех рассмотренных вариантах техногенного воздействия не обеспечивается минимум, необходимый для сохранения стабильного состояния грунтов основания геотехнической системы - в наследуемой ею части литогенной основы, с учетом изменения положения глубины годовых теплооборотов. Наличие снежного покрова на площадках не допустимо. Даже при полном удалении снега на протяжении 5 лет в контуре площадки и при отсыпке мерзлый грунт в конце мая, сохраняется положение кровли ММП на глубине 8 м, понижение температуры на глубине годовых теплооборотов до отрицательных значений наблюдается только через 10 лет. Поэтому необходимо полное удаление снега с поверхности не занятых инженерными сооружениями участков площадки, постоянно на протяжении зимнего периода в течение 15 лет эксплуатации. Рекомендуется инженерная подготовка территории на участках с отсыпкой на мерзлый грунт в конце мая и использование проветриваемого подполья в сочетании с

сезоннодействующими охлаждающими установками. На участках распространения пластично-мерзлых грунтов глубина СТС при всех вариантах расчета, кроме случая 3-х кратного превышения стандартной высоты снега, не выходит за пределы насыпи, наименьшие глубины уже осенью первого года отмечается при вариантах удаления снега с мерзлой отсыпкой в конце мая; и при реализации технического решения с проветриваемым подпольем слабой и хорошей вентиляции с мерзлой отсыпкой в конце мая. Отсыпка на талый грунт не эффективна даже в случае полного удаления снега с поверхности площадки в первый год эксплуатации объекта отмечается повышение температуры на глубине годовых теплооборотов выше $-0,5^{\circ}\text{C}$, а при 1,5-кратном превышении стандартной высоты оно отмечается на протяжении 10 лет эксплуатации объекта. Рекомендуется исключить такой вариант подготовки площадки к строительству. Допустимо наличие снежного покрова в пределах площадки с 1,5-кратным превышением стандартной высоты снежного покрова в течение всего срока эксплуатации только при отсыпке на мерзлый грунт. При наличии в пределах контура площадки сооружений, способствующих снегонакоплению более 1,5 кратного превышения стандартной высоты снежного покрова по периметру сооружения, необходимо предусмотреть мероприятия по температурной стабилизации грунтов. В типичных для района условиях применение проветриваемого подполья при отсыпке талым грунтом в осенний период не сможет обеспечить устойчивое тепловое состояние грунтов при любом типе разреза. Эффективно применение хорошо проветриваемого подполья при отсыпке мерзлым грунтом в конце мая для пластично-мерзлого и твердомерзлого типов разреза.

Результаты прогнозного моделирования техногенного воздействия показали, что можно: выполнять опережающий прогноз техногенного воздействия на стадии изысканий с использованием метода аналогии при наличии участков-аналогов по ландшафтным и инженерно-геокриологическим условиям; использовать ландшафтный поход, позволяющий учесть при выборе типовых разрезов оснований степень подобия ландшафтных условий теплообмена на поверхности и типов литогенной основы ландшафтов для линейных сооружений; нормировать нагрузки техногенного снегонакопления и оценивать порог влияния техногенного воздействия на литогенную основу ландшафта за счет использования методики ретроспективного прогнозного моделирования ландшафтного температурного поля для получения реперных характеристик; выполнять в процессе прогнозного моделирования корректировку выбора типичных разрезов и перечня решаемых задач. Выполненные методические разработки по нормированию техногенных нагрузок могут использоваться на стадиях «проект» и «рабочая документация», позволяют расширить область применения количественного геокриологического прогноза - осуществлять его при изысканиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Грива Г.И. Нормирование техногенных воздействий на мерзлые ландшафты Бованенковского ГКМ. Газовая промышленность, № 6, 2002.
2. Надымгазпром: геотехноМониторинг в криолитозоне. – М.: ИРЦ Газпром, 2001. с. 148.
3. Попов А.П. Управление геотехническими системами газового комплекса в криолитозоне. Прогноз состояния и обеспечение надежности // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2005. - № 3. с. 1-10.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМБУРГСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гребенец В.И.¹, Павлунин В.Б.²

¹Географический факультет МГУ им. Ломоносова, г. Москва;

²Лаборатория мерзлоты ООО «ЯмбургГазДобыча», пос. Ямбург.

FORMATION OF NATURAL-TECHNOGENIC GEOCRYOLOGICAL COMPLEXES ON THE YAMBURG GAS CONDENSATE FIELD

Grebenev V.I.¹, Pavlunin V.B.²

¹Geographical Faculty, Moscow State University, Moscow

²Permafrost Laboratory, JSC “YamburgGazDobycha”, Yamburg

Technocryogenesis is the specific exogenous process which takes place on the urbanized areas of cryolithozone; occurs in the contact of technogenic loads and permafrost environment; has irreversible character; appears in forming of specific natural geocryological complexes. Development of the Yamburg gas-condensate field begun in the middle of 1980th. On the Yamburg gas-condensate field specific naturally-technogenic geocryological identities with special technogenic influence on the natural environment and different level of engineering have been formed – geocryological conditions. In the Yamburg gas company “The system of safety securing of the objects footing and basement” including geoinformation and engineering is developed. Engineering-geocryological monitoring of territory, allows to choose and to realize methods for stabilization of the ecological, permafrost and geotechnical situation

Промышленные зоны на Крайнем Севере – очаги концентрированного техногенного воздействия на природную обстановку. На хозяйственно освоенных территориях могут развиваться опасные для зданий и

сооружений криогенные и гляциальные процессы. В пределах относительно давно освоенных урбанизированных территорий за последние десятилетия отчетливо прослеживается тенденция к деградации многолетнемерзлых пород (ММП) [1]; значительные изменения мерзлотно-геологических условий в пределах селитебных и индустриальных зон приводят к нарастанию количества деформированных зданий и сооружений, причем последние годы этот процесс принял лавинообразный характер. Представляется, что эти особенности изменения геокриологической, ландшафтной, геоэкологической и геотехнической ситуации можно объяснить через концепцию технокриогенеза [2], имеющего 4 основных характерных признака. Технокриогенез - специфический экзогенный процесс, развивающийся на урбанизированных территориях криолитозоны (1); возникающий в результате взаимодействия техногенных нагрузок и мерзлотной обстановки (2); носящий необратимый характер (3); проявляющийся в формировании специфических природно-территориальных геокриологических комплексов (4). Исследования в отдельных промышленных регионах криолитозоны России показали существенные различия в степени влияния технокриогенеза на мерзлотно-экологическую обстановку и геотехническую ситуацию. Динамика вечной мерзлоты в городах (её состояние, температура, несущая способность, сезонное оттаивание грунтов, активность криогенных процессов) определяется рядом факторов, которые можно объединить в три основных блока: 1) геокриологический (характеристики и свойства мерзлоты в естественном состоянии, до застройки); 2) геотехнический (градостроительные характеристики, тип техногенного воздействия, интенсивность и площадь его контакта с мерзлотой); 3) временной (длительность воздействия, климатические колебания). Факторы зачастую воздействуют разнонаправленно, разномасштабно и несинхронно, что усиливает мозаичность изменений в вечномерзлых грунтах на урбанизированных территориях.

Изменения мерзлотных условий на застроенных территориях приводят к смене (в отношении расчетных проектных значений) эксплуатационных режимов инженерных объектов, что, в свою очередь, вызывает иной тип влияния сооружения на мерзлоту и формирование «новой реальности» в геокриологической обстановке, а затем - необходимость «нового приспособления» объектов к другим характеристикам вечномерзлых оснований.

На урбанизированных территориях формируются особые природно-техногенные геокриологические комплексы, в пределах которых динамика вечномерзлых толщ отличается от естественных условий: например, для Норильского промрайона выделено [3] 13 основных типов подобных комплексов: от техногенных бедлендов (шламо-, шлакоотвалов, золо- и хвостохранилищ) до мало затронутых техногенезом участков тундры и лесотундры.

Освоение территории Ямбургского газоконденсатного месторождения (ЯГКМ) началось с середины 1980-х годов. Главным образом негативное воздействие на криолитозону оказывают многочисленные трубопроводы, при строительстве и эксплуатации которых нарушаются природные ландшафты и возникают опасные инженерно-криогенные процессы. Газодобывающая промышленность экологически достаточно чистая, к тому же техногенное влияние пос. Ямбург на криолитозону невелико, в силу его небольшого размера, применения современных технологий и строгого контроля за состоянием ММП.

Ямбургское газоконденсатное месторождение (ЯГКМ) находится в центре западного побережья Тазовского полуострова на берегу Обской губы (68°с.ш., 78°в.д.). Длина полуострова 300 км, ширина – 120-140 км, средняя высота над уровнем моря – 100 м, площадь месторождения – около 2000 кв. м [4]. Исследуемая территория по схеме районирования Западной Сибири по мощности ММП в пределах района ЯГКМ составляет 300...400 м [4]. Под руслами мелких рек существуют несквозные талики мощностью 10...15 м. Средние годовые значения температуры ММП на исследуемой площади изменяются в широких пределах –минус 1...6°C, при этом фоновой температурой, характерной для большей части территории, являются минус 3...5°C. Глубины нулевых амплитуд годовых колебаний достигают 10...13 м для фоновых температур, и уменьшаются практически до глубины слоя сезонного оттаивания – промерзания в несквозных таликах. Глубина сезонного оттаивания грунтов в пределах рассматриваемой территории изменяется от 0,3 до 2,0 м и зависит от литологического состава и влажности пород этого слоя, характера напочвенного покрова. На территории ЯГКМ чрезвычайно активны термоэрзия, связанная с деятельностью постоянных и временных водотоков, а также оврагообразование. Местами происходит протаивание повторно-жильных ледяных структур, сформировавшихся в Сартанское время в Каргинских лагунных отложениях. Активно развивается термокарст, особенно, в центральной и западных частях месторождения; повсеместно проявление криогенного пучения. Практически все криогенные процессы (за исключением образования многолетних бугров пучения) активизируются при техногенных воздействиях.

Обустройство промыслов и системы трубопроводов, строительство жилого поселка и объектов подсобно-производственного назначения привели, во-первых, к изменению условий теплообмена через поверхность между атмосферой и вечномерзлыми основаниями; во-вторых, появлению новых глубинных стоков тепла; в-третьих, к механическому воздействию на верхние горизонты грунтов, прежде всего, на сезонно-talый слой. Всё это вызвало зарождение новой «геокриологической» реальности на хозяйственно освоенных площадках.

В настоящее время на территории ЯГКМ сформировались определенные природно-техногенные геокриологические комплексы, отличающиеся степенью техногенного влияния на природную среду и, прежде всего, на вечномерзлые основания – терморежим грунтов, набор и степень активности криогенных процессов, прочностные характеристики пород и т.п. Для ЯГКМ можно выделить следующие основные типы природно-

техногенных геокриологических комплексов: 1) площадки, занятые современными комплексами подготовки газа, с организацией водоотвода с поверхности, с системами дополнительного промораживания грунтов оснований, отличающиеся стабильностью инженерно-геокриологических условий и геотехнической ситуации; 2) современная городская жилая застройка, с регулярной снегоуборкой и хорошо действующими системами поверхностного водоотвода, с надземными прокладками коммуникаций, нормально эксплуатируемыми проветриваемыми подпольями, с отдельными сезонно-охлаждающими устройствами, для этой зоны присущи тенденции к аградации мерзлоты и затуханию криогенных процессов, отсутствию деформаций у зданий и сооружений; 3) территория застройки жилыми и подсобно-производственными зданиями 1980-х – начала 1990-х годов с многочисленными тепловыделяющими объектами, наблюдается тенденция к деградации мерзлоты, отмечены многочисленные деформации объектов; 4) участки с инфраструктурными промышленными объектами (портовый комплекс, производственная зона), возведенными и эксплуатируемыми с нарушениями вечномерзлого состояния грунтов, в которых сформировались обширные зоны отопления и протаивания мерзлоты, активизировались термокарст и пучение, ряд объектов находится в разрушенном или сильно деформированном состоянии; 5) площадки складирования твердых отходов и мусора, здесь за счет химических реакций идет отопление мерзлоты; 6) линейно ориентированные зоны вдоль многочисленных трубопроводов, в пределах которых коренным образом изменяются условия теплообмена через поверхность, активизируются криогенное пучение опор газопроводов, термокарст и термоэрозия; 7) относительно стабильные тундровые территории, где на местах проезда тяжелой техники иногда развивается термокарст, термоэрозия и оврагообразование.

Функционирование зданий и сооружений в сложных инженерно-геокриологических условиях сопряжено с опасностью отказов оснований и фундаментов, связанных с выходом параметров геотехнических систем за пределы показателей, принятых в проектных решениях. В связи с этим в ООО «Ямбурггаздобыча» создана [7] «Система обеспечения надежности оснований и фундаментов сооружений», включающая в себя геоинформационный блок (Лаборатория мерзлоты и маркшейдерская служба) и производственно-технический блок (Строительно-ремонтный трест). Функционирование данной системы позволяет осуществлять раннее обнаружение негативных изменений в основаниях и в геотехнических объектах, прогноз и реализацию методов управления мерзлотной обстановкой, применение оптимальных методов ремонтно-восстановительных работ. В рамках геоинформационного блока на протяжении многих лет осуществляется инженерно-геокриологических мониторинг: 1) сбор и обобщение материалов инженерно-геокриологических изысканий, выполнявшихся на газопромысловых сооружениях и объектах инфраструктуры в разные годы; 2) инженерно-геокриологические исследования с опробованием грунтов для определения физико-механических параметров; 3) режимные термометрические наблюдения в скважинах, пробуренных в пределах промплощадок, в том числе внутри сооружений (всего на газопромысловых сооружениях и объектах инфраструктуры оборудовано 536 скважин глубиной 6...12 м, периодичность замеров по которым определяется как мерзлотно-грунтовыми условиями оснований, так и технологической ответственностью газопромысловых сооружений); 4) геодезическое нивелирование фундаментов сооружений, проводится 2...4 раза в год в зависимости от стабильности фундаментов по стационарным наблюдательным маркам, установленным на опорах каркасов зданий, технологического оборудования и трубопроводов; по результатам режимного нивелирования выделяются нестабильные сваи, блоки и сооружения; 5) наблюдения за развитием термоэрозионных явлений на ключевых участках; 6) режимные снегомерные наблюдения; 7) прогнозные расчеты изменения температурного поля грунтов оснований и прогноз устойчивости фундаментов сооружений; 8) ведение базы данных и обработка результатов наблюдений.

Инженерно-геокриологический мониторинг территории Ямбургского ГКМ позволяет своевременно выбрать и реализовать управлительские решения, обеспечивающие стабильность мерзлотно-экологической ситуации и геотехнической обстановки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гребенец В. И. Развитие опасных криогенных и гляциальных процессов при негативном воздействии техногенеза. «Вестник МАНЭБ» №5 «Экология Крайнего Севера». - Санкт-Петербург, 1997. с. 17-23
2. Гребенец В.И. Негативные последствия деградации мерзлоты / В журн. Вестник Моск. ун-та, сер. 5 «География». - 2007, №3. с. 18-21.
3. Гребенец В.И. Формирование специфических природно-техногенных комплексов в Норильском промышленном районе. /Мат-лы Второй конф. геокриологов России. Т.4. Инженерная геокриология. –М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2001, с.59-65
4. Ямало-Гыданскская область (физико-географическая характеристика) / Под ред. Р.К. Сиско. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. с. 140.
5. Сухов А.Г., Кузнецова И.Л., Лахтина О. В., Дроздов Д. С., Чекрыгина С. Н. Тазовская область // В кн. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. – М.: «Недра», 1989. с. 236-247
6. Андрианов В.Н., Войцеховская И.В., Гречишев С.Е., Крицук Л.Н., Невечеря В.Л., Стремяков А.Я., Уваркин Ю.Т., Шаманова И.И., Шур Ю.Л.. Условия развития и распространения криогенных геологических процессов и явлений // В кн. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. – М.: «Недра», 1989. с.135-155.
7. Арабский А.К., Кондратьев С.Д., Павлунин В.Б., Ткачев Е.И. Инженерно-геокриологический мониторинг газопромысловых сооружений Ямбургского месторождения. Материалы третьей конференции геокриологов

России. Часть 9. Проблемы освоения нефтяных и газовых месторождений в криолитозоне. – М.: Изд-во МГУ, 2005. с.260-266.

ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ ДОРОГ В СЕВЕРНОЙ ЯКУТИИ

Гуков А.Ю., Стручкова О.Н., Вишневский А.Н., Иолич М.Е., Фукалов П.Д.
Государственный природный заповедник «Усть-Ленский».

EXPERIENCE OF ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL MONITORING OF GRAVEL ROADS OF NORTH YAKUTIA

Gukov A.Y., Struchkova O.N., Vischnevskiy A.N., Iolich M.E., Fukalov P.D.
Lena Delta Reserve, Tiksi.

Studying of frozen grounds in area of Tiksi includes the regular control, the analysis, estimation and the forecast of permafrost conditions change. Distinctive feature of this territory is rather powerful (500 m), strongly cooled (-12°C) cryolithozone with mainly blind taliks and thin (up to 1,2 m) active layer in which both deep frost cracking and permanent ice formation processes are clearly expressed.

The chemise of Tiksi-Polarka road is subjected to deformations. On the site of road of 8 km long, 36 places with defects and infringements of surface were obtained. General extent of the broken line makes 0,8 km. The similar chemise of Tiksi of Airport 7 km long, binding settlement, the population 5 thousand peoples and the airport, is used much more intensively and is under constant supervision of road services of settlement. All ground subsidence here are covered by rubble and leveled with the help of bulldozers. 25 places, total extent of 0,4 km are registered here. The monitoring that was made in seasons of 2002-2007 on problem sites of road and hillsides, down to a line of watersheds, has revealed the reasons of infringements which are connected to three principal causes. Firstly, sagging was observed on sites, subjected to superfluous humidifying. The lowland with a bog, in the length about 30 m, covered with gravel, each spring absorbs the next portion of rubble and it is necessary to make new portion. For already 10 last years it is not possible to stabilize this process here. The filtration through an embankment is carried out slowly, nevertheless washes away a cloth. Second, the significant site of a line lays in "Death valley" - area of frozen grounds distribution and annual ground subsidence. The last can make size 60-70 cm/y.

Third, there is a site where frozen grounds are crossed by a channel of a small river. Each winter here it is formed taryn, that results in accumulation of significant volume of ice in a creek valley. Fresh waters wash away and carry away a significant part of a road cloth within June. Water-carrying constructions here do not handle a problem and the big charges of water continue to fill in the road. Water render on frost coast thermal influence, thawing and washing away frozen breed, and also transporting and accumulate products of destruction of coast. Thermoerosion in area of Tiksi develops on tractor and cross-country ways, along ground roads and, as well as thermokarst, harms the roads, pipelines and transmission lines etc.

Изучение многолетнемерзлых горных пород в районе Тикси включает систематический контроль, анализ, оценку и прогноз изменения мерзлотных условий на грунтовых трассах района. Отличительной чертой этой территории является довольно мощная (500 м), сильно охлаждённая (-12°C) криолитозона с преимущественно несквозными таликами и тонким (до 1,2 м) деятельным слоем, в котором отчётливо выражены процессы мелкого и глубокого морозобойного растрескивания и перманентного льдообразования

Такие работы на перешейке Кольчева проводили Нестеренко А.Н. и Комина М.К., описание мерзлотных форм рельефа с картированием местности проводилось на высотах Приморского кряжа. Результатом мониторинга должны стать своевременное обнаружение, рекомендации по ослаблению развития негативных криогенных процессов.

Полотно грунтовой дороги Тикси – Полярка подвержено деформациям. На всем участке дороги длиной 8 км, обнаружено 36 мест с дефектами и нарушениями грунтовой поверхности. Общая протяженность нарушенной трассы составляет 0,8 км. Аналогичная грунтовая трасса Тикси – Тикси-3, длиной 7 км, связующая поселок, населением 5 тыс. человек и аэропорт, используется гораздо интенсивнее и находится под постоянным наблюдением дорожных служб поселка. Все возникающие просадки грунта засыпаются щебнем и выравниваются с помощью бульдозеров. Здесь зарегистрировано только 25 таких мест, суммарной протяженностью 0,4 км. Мониторинг, организованный в сезоны 2002–2007 гг. на проблемных участках дороги и горных склонах, вплоть до линии водоразделов, выявил причины нарушений, которые связаны с тремя основными причинами. Во-первых, просадки наблюдаются на участках, подверженны избыточному увлажнению. Низина с кочкарным болотом, длиной около 30 м, засыпанная щебнем, каждую весну поглощает очередную порцию щебня и приходится совершать новую подсыпку. Стабилизировать этот процесс не удается уже в течение 10 последних лет. Фильтрация через насыпь осуществляется медленно, но тем не менее размывает полотно.

Во-вторых, значительный участок трассы лежит в «Долине смерти»- районе распространения сильно льдистых грунтов и ежегодных просадок грунтов. Последние могут составлять величину 60–70 см.

В-третьих, участок, где льдистые грунты пересекаются руслом небольшого ручья. Каждую зиму здесь образуется тарын, однолетняя наледь, что приводит к аккумуляции значительного объема льда в долине ручья. Паводковые воды размывают и уносят значительную часть дорожного полотна в течение июня. Дорога в этот период представляет собой непреодолимое препятствие. Вода собирается в мутный ручей, пропиливающий глубокий овраг с ледяными бортами, которые не прикрыты растительностью и продолжают таять. Водопропускные сооружения здесь не справляются со своей задачей и ручей при больших расходах воды продолжает заливать дорогу. Воды ручья оказывают на льдистые берега тепловое воздействие, оттаивая и размывая мерзлую породу, а также транспортируя и переотлагая продукты разрушения берегов. Овражная термоэрозия в районе Тикси развивается по тракторным и вездеходным колеям, вдоль грунтовых дорог и, как и термокарст, наносит вред дорогам, трубопроводам, линиям электропередачи и т.д. Ниже по течению ручья располагается равнина, покрытая полигонально - валиковыми формами мезорельефа.

Термокарсту на отдельных участках дорог часто сопутствуют термообразия и термоэрозия. Оба этих процесса могут выступать как самостоятельные. Питьевое озеро, из которого брали воду жители Полярки, вероятно, образовалось в результате протаивания ледяной линзы. Оно находится в межгорной котловине между горами Топорик, Лялькина и высотой, с отметкой 152 м (г. «Канюк»). Больше озер в этом районе нет, за исключением небольших водоемов на западном склоне, где накапливаются воды ручьев, стекающих со склонов. Это напрямую зависит от характера поверхности и мощности рыхлых отложений. Слой современных (четвертичного возраста) рыхлых отложений не превышает на склонах горы 30 см, ниже сразу идут щебень, материнская порода. На склонах горы Лелькиной отмечены термокарстовые колодцы, впадины, снежники. Горные породы здесь имеют большую льдистость, и при оттаивании их грунт оплывает, просаживается, образуются ямы, провалы, овраги. В отрогах Хараулахского хребта на склонах происходит оживление процессов на склонах возвышенностей, приходят в движение осыпи, курумы, оплывины, развивается солифлюкция - медленное оползание по склонам крупных масс грунтов. Иногда образуются грязекаменные потоки-сели. Нечто похожее возникает в руслах высохших ручьев, которые располагаются на южном склоне г. Лелькиной в районе старого щебеночного карьера (погрузки).

Летняя автомобильная дорога в июне изредка пересекается небольшими оползнями, результатами процесса солифлюкции. Они возникают в районе «серпантина»- крутого поворота на западном склоне в 2 км от Тикси. Мерзлые грунты под действием солнца и положительной температуры начинают таять и засыпать дорогу. Обычно при сооружении шоссейных дорог, взлетных полос аэродромов, других линейных сооружений делается насыпь. За лето успевает оттаить только сама насыпь, а грунты под нею всегда остаются мерзлыми. Дорога по Топорику идет по камням, а не по рыхлым породам, поэтому почти не подвержена процессам термоэрозии. В верхней части южного склона горы начинается маленький ручеек, который стекает вдоль автодороги и впадает в ручей Овраг. Выкопанный ледник для хранения мяса на склоне горы потерял свои полезные свойства вследствие затопления его водами ручья, из-за чего термический режим пород был нарушен.

При нарушении растительности на склонах гор разрушение льдистых пород водными потоками (термоэрозия) принимает огромные масштабы. Масштабы разрушений зависят от степени льдистости толщ, при малой льдистости процесс термоэрозии быстро затухает, ямы застают мхами и, при достаточном режиме освещенности – цветковыми растениями. На горных участках антропогенная эрозия накладывается на естественные эрозионные и склоновые процессы, протекающие в местах залегания известняков. Поэтому на значительной части крутых склонов почти нет мелкозема и растительности и лишь на горизонтальных поверхностях под дриадовыми и лишайниками тундрами развиты мерзлотные и тундровые перегнойно-карбонатные сильно щебнистые почвы. В местах развития этих почв, выражен бугристо-трещиноватый нанорельеф.

К РАСЧЕТУ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРЕБРЕНИЯ ПАРОЖИДКОСТНЫХ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ

Долгих Д.Г.¹, Аникин Г.В.¹, Феклистов В.Н.²

¹Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень.

²ООО «Фундаментстройаркос», г.Тюмень.

ON THE COMPUTATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF THE VAPOUR AND LIQUID THERMOSTABILIZERS RIBBING

Dolgich D.G. ¹, Anikin G.V. ¹, Feklistov V.N. ²

¹ Institute of the Earth Cryosphere, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tyumen.

²Scientific Production Company «Fundamentstroiarcos», Tyumen.

The mathematical model of the optimal parameters of the ribbing surfaces of vapour and liquid thermostabilizers computation was considered. An overall heat flow from a ribbing face was optimized. It was shown, when there is the fixed surface radius of rib and the profile of rib, there is the optimal thickness of rib. When the rest of the parameters are fixed, the optimal profile is the rib of constant thickness. It was shown also, that with the increase of outer radius of ribs a heat flow aims at certain constant, and, consequent, the optimal radius of rib can be considered the radius, in which a heat flow achieves 90% from maximum.

В последнее время, для укрепления фундаментов в северном строительстве, стали интенсивно использоваться парожидкостные стабилизаторы, эффективность работы которых в значительной степени зависит от качества оребренных поверхностей. В связи с этим, задача об оптимизации оребрения термостабилизаторов является весьма актуальной. Как следует из работы [1], тепловой поток Q , который отдается от индивидуального кольцевого ребра атмосфере задается следующими выражениями

$$Q = \frac{-\alpha 4\pi r_1^2 (T_0 - T_a) \Omega(M, n, R_2)}{MC} \quad \delta(r) = \delta_0 \left(\frac{r}{r_1} \right)^{-p} \quad n = \frac{p}{p+2} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{r_2}{r_1} \quad M = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda \delta_0}} \frac{r_1}{C} \quad C = \frac{p+2}{2} = \frac{1}{1-n} \quad (2)$$

$$\Omega(M, n, R_2) = \frac{I_{n-1}(M)I_{-n+1}(MR_2^C) - I_{-n+1}(M)I_{n-1}(MR_2^C)}{I_n(M)I_{-n+1}(MR_2^C) - I_{-n}(M)I_{n-1}(MR_2^C)} \quad (3)$$

здесь α - коэффициент теплоотдачи, T_0 - температура металла у основания ребра, T_a - температура атмосферы, r_1 - внутренний радиус кольцевого ребра, r_2 - внешний радиус кольцевого ребра, δ_0 - толщина ребра у его основания, $\delta(r)$ - толщина ребра на расстоянии r от оси термостабилизатора, p - положительное число, задающее профиль ребра, λ - коэффициент теплопроводности металла из которого изготовлена оребренная поверхность, $I_\nu(x)$ - модифицированные функции Бесселя[2]. Рассмотрим термостабилизатор, имеющий оребренную поверхность длиною L и содержащую K ребер, каждое из которых нумеруется индексом i и имеет температуру у основания ребра T_{0i} , причем расстояние между ребрами равно l . Очевидно, что для такой оребренной поверхности, должно выполняться соотношение

$$K = \frac{L}{l + \delta_0} \quad (4)$$

а полный тепловой поток от такой поверхности Q_{tot} , записывается в виде

$$Q_{tot} = \frac{-\alpha 4\pi r_1^2 (\langle T_0 \rangle - T_a) \Omega(M, n, R_2)}{MC} \frac{L}{l + \delta_0} + \alpha 2\pi r_1 l (\langle T_0 \rangle - T_a) \frac{L}{l + \delta_0} \quad (5)$$

где $\langle T_0 \rangle$ задается следующим соотношением

$$\langle T_0 \rangle = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K T_{0i} \quad (6)$$

если δ_0 выразить через M с помощью соотношения (2), легко получить следующие формулы

$$Q_{tot} = -2\pi\lambda L(T_0 - T_a)P(M, n, R_2) \quad (7)$$

$$P(M, n, R_2) = \Omega(M, n, R_2) \left(\frac{bM}{1-n} + \frac{1-n}{M} \right)^{-1} - \frac{l}{2r_1} \frac{M^2}{bM^2 + (1-n)^2} \quad (8)$$

$$b = \frac{\lambda l}{\alpha 2r_1^2} \quad (9)$$

Как видно из выражений (7)–(9) тепловой поток от оребренной поверхности максимален тогда, когда максимальна функция $P(M, n, R_2)$. Можно показать, что, при фиксированных n и R_2 , данная функция имеет максимум по M , а это, в свою очередь, означает, что при заданном радиусе ребра и заданном профиле имеется оптимальная толщина ребра. С другой стороны, если зафиксировать профиль ребра и толщину у его основания, меняя при этом внешний радиус, тепловой поток будет нарастать, однако, начиная с некоторого значения R_2 его изменение становится очень малым и, следовательно, дальнейшее увеличение радиуса ребра не имеет смысла. На основе математической модели изложенной в данной работе, авторами была разработана компьютерная программа, позволяющая оптимизировать тепловой поток, передаваемый от оребренной поверхности термостабилизатора атмосфере. Так, если рассмотреть промышленный образец термостабилизатора, изготовленный ООО «Фундаментстройаркос», то он имеет следующие параметры: $L = 1.17\text{м}$, $l = 2.5\text{мм}$, $r_1 = 1.825\text{см}$, $r_2 = 3.35\text{см}$, $\delta_0 = 0.7\text{ мм}$, $R_2 = 1.8356$, $n = 0.4109$, материал-алюминий. При фиксированном внешнем радиусе оребренной поверхности ($r_2 = 3.35\text{см}$) максимальный тепловой поток достигается при $\delta_0 = 0.6\text{мм}$, $n = 0$ (ребро постоянной толщины), при этом тепловой поток оптимальной оребренной поверхности всего на шесть процентов превышает тепловой поток промышленного образца. Если увеличивать внешний радиус ребер, при неизменных толщине и профиле, то, как отмечалось ранее, тепловой поток будет стремиться к некому пределу, девяносто процентов которого достигается при $r_2 = 7.5\text{см}$, при этом, оптимальный тепловой поток в 3.6 раза превышает поток промышленного образца. Таким образом, увеличение внешнего радиуса ребер существенно увеличивает тепловой поток оребренной поверхности, однако при использовании подобного способа увеличения теплоотдачи оребренных поверхностей необходимо учитывать увеличение расхода материала и технологические ограничения при изготовлении. В заключение необходимо отметить, что коэффициент теплоотдачи ребра принимался не зависящим от радиальной координаты. Для кольцевых ребер данное приближение допустимо, ввиду того, что внешний радиус ребра достигает всего нескольких сантиметров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ройзен Л.И., Дулькин И.Н., Тепловой расчет оребренных поверхностей. М., Энергия, 1977, с.254.
2. Абрамович М., Стиган И., Справочник по специальным функциям. М., Наука, с.830.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗНАЧИМЫХ РЕСУРСОВ АТМОСФЕРНОГО ХОЛОДА ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ

Долгушина Е. В.¹, Самсонова В. В.²

¹ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень;

² Институт криогенных ресурсов ТюмГНГУ-ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень.

VARIABILITY OF SIGNIFICANT RESOURCES OF THE ATMOSPHERIC COLD FOR TEMPERATURE STABILIZATION GROUND

Dolgushina E.V.¹, Samsonova V.V.²

¹Scientific Production Company “FundamentStroiArcos”, Tyumen

² Institute of Cryogenic Resources, Tyumen State Oil and Gas University, SB RAS, Tyumen

Cooling devices (CD) now are widely used for temperature stabilization of plastic-frozen ground of the construction bases in areas with frozen grounds. Work of cooling devices depends on temperature of air.

Data of two Climatic Sanitary Rules and Norms (SRaN 2.01.01-82, SRaN 23-01-99) where are resulted average monthly and average annual temperature of air for the certain time intervals, for settlements of Russia where objects with cooling devices are placed have been analyzed. Also at the analysis data on temperatures of air for the period with 1980 - 2007 were used.

Discrepancies have been revealed which can lead to mistakes of quantities calculations while the designing of cooling devices.

Для температурной стабилизации пластично-мерзлых и замораживания талых грунтов оснований при строительстве новых и реконструкции существующих сооружений промышленного и гражданского назначения в районах с распространением многолетнемерзлых пород в настоящее время широко используются охлаждающие устройства (ОУ). Работа ОУ зависит от температуры воздуха - теплообмен между грунтами и атмосферным воздухом обеспечивается при температуре ниже минус 7°C [2]. Климатические условия изменчивы, существуют циклы потепления и похолодания. По оценке специалистов на большей части криолитозоны с середины 80-х гг. ХХ в. происходит повышение температуры атмосферного воздуха [1]. Поэтому сопряженное изучение изменения климатических показателей, значимых для температурной стабилизации грунтов, и эффективности работы охлаждающих устройств весьма актуально.

В связи с этим необходимо оценить:

- изменчивость климата в районах, где расположены объекты с ОУ;
- целесообразность использования данных климатологических СНиПов при проектировании объектов с использованием ОУ.

Обычно для расчетов используются данные климатологических СНиПов (СНиП 2.01.01-82, СНиП 23-01-99), где приводятся осредненные метеорологические данные (таблица 1). В СНиП-82 среднемесячная и средняя годовая температура воздуха рассчитана за весь период наблюдений на метеостанции до 1960 г. [3]. В СНиП-99 средняя месячная и годовая температура воздуха рассчитана по данным наблюдений за восемь сроков за период 1966 - 1980 г. [4].

Приведенные в СНиПах годовые и среднемесячные температуры атмосферного воздуха анализировались за определенные промежутки времени, на протяжении которых изменялись условия, обеспечивающие работу сезонно-действующих ОУ, для населенных пунктов России, где размещены объекты с такими устройствами (рис. 1).



Рис. 1. Опорные метеостанции в районах размещения объектов с ОУ.

Метеостанции, расположены как в типичных зональных ландшафтных условиях, так и в переходных зонах, либо на границе между зонами и подзонами с различными типами климата: Салехард (66°32 с.ш., 66°32 в.д.), Надым (65°32 с.ш., 72°31 в.д.), Уренгой (65°58 с.ш., 78°22 в.д.), Варандей (68°49 с.ш., 58°01 в.д.), Нарьян-Мар (67°38 с.ш., 53°02 в.д.), Игарка (68°49 с.ш., 58°01 в.д.), Охотск (59°22 с.ш., 143°12 в.д.), Тарко-Сале (64°55 с.ш., 77°49 в.д.).

Таблица 1. Средняя месячная температура воздуха в районах размещения объектов с ОУ

Метеостанция	Климатический СНиП	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Охотск	СНиП 2-01.01- 82	-23,0	-20,0	-14,3	-5,8	1,1	6,2	11,8	13,0	8,4	-2,3	-14,1	-20,5
	СНиП 23-01-99	-23,0	-20,0	-14,3	-5,8	1,1	6,2	11,8	13,0	8,4	-2,3	-14,1	-20,5
Игарка	СНиП 2-01.01- 82	-28,6	-25,6	-20,0	-11,7	-2,6	7,7	14,8	11,6	4,7	-6,7	-21,2	-27,2
	СНиП 23-01-99	-28,1	-26,3	-20,0	-10,8	-2,0	8,5	15,1	11,5	5,1	-6,5	-20,8	-26,2
Нарьян-Мар	СНиП 2-01.01- 82	-16,6	-16,8	-14,7	-6,2	-0,3	7,6	12,1	10,6	5,8	-1,6	-8,4	-13,9
	СНиП 23-01-99	-16,9	-17,3	-14,3	-6,7	-0,3	7,4	12,7	11,0	5,6	-1,6	-8,4	-13,7
Варандей	СНиП 2-01.01- 82	-17,5	-18,3	-17	-9,8	-3,5	3,0	8,6	8,4	4,8	-2,0	-9,4	-14,3
	СНиП 23-01-99	-17,8	-19,2	-16,6	-9,5	-3,4	2,8	8,9	8,8	4,9	-2,2	-9,5	-13,9
Надым	СНиП 2-01.01- 82	-23,6	-22,8	-18,3	-9,0	-1,5	8,6	14,7	11,4	5,5	-4,5	-17,2	-22,8
	СНиП 23-01-99	-24,5	-24	-16,8	-8,8	-1,0	8,8	15,5	11,4	5,6	-5,4	-16,1	-21,9
Салехард	СНиП 2-01.01- 82	-23,6	-22,2	-18,3	-9,4	-1,6	7,8	13,8	11,6	4,4	-3,7	-15,3	-21,2
	СНиП 23-01-99	-24,5	-23,4	-18,6	-10,2	-1,9	7,3	13,3	10,9	4,9	-4,6	-15,6	-21,5
Тарко-Сале	СНиП 2-01.01- 82	-25,0	-23,4	-18,4	-9,0	-1,2	9,4	15,4	12,3	5,9	-4,7	-17,7	-23,9
	СНиП 23-01-99	-25,1	-24,4	-18,0	-8,1	-0,7	9,8	15,8	12,0	6,0	-5,0	-16,8	-23,1
Уренгой	СНиП 2-01.01- 82	-25,7	-24,6	-20,0	-11,0	-2,9	8,0	14,5	11,6	5,2	-5,5	-18,5	-25,0
	СНиП 23-01-99	-26,4	-26,4	-19,2	-10,3	-2,6	8,4	15,4	11,3	5,2	-6,3	-18,2	-24,0

Сравнительный анализ (рис. 2) осредненных данных (СНиП 2.01.01-82 и СНиП 23-01-99) для периодов с различными тенденциями изменения климата показал, что в цикл похолодания средняя годовая температура только в Салехарде оказалась ниже (на 0,6 °C), ее значения повысились в Надыме (на 0,2 °C), Уренгое (на 0,8 °C), Игарке (на 0,3°C), Тарко-Сале (на 0,2 °C), изменений не произошло в Варандее (-5,6 °C), Нарьян-Маре (-3,5°C) и Охотске (-5°C)

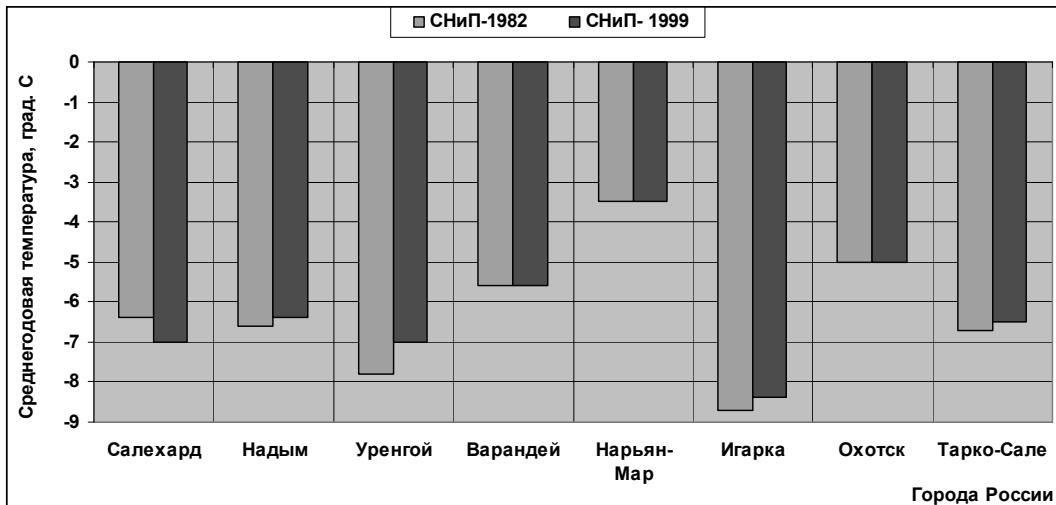


Рис. 2. Средняя годовая температура воздуха по данным СНиПов 1982 г. и 1999 г.

По данным за период с 1980 по 2007г. амплитуда среднегодовой температуры для метеостанций [5] составила в Тарко-Сале – около 4°C, Надыме – около 6°C, Салехарде – 5°C (рис. 3).

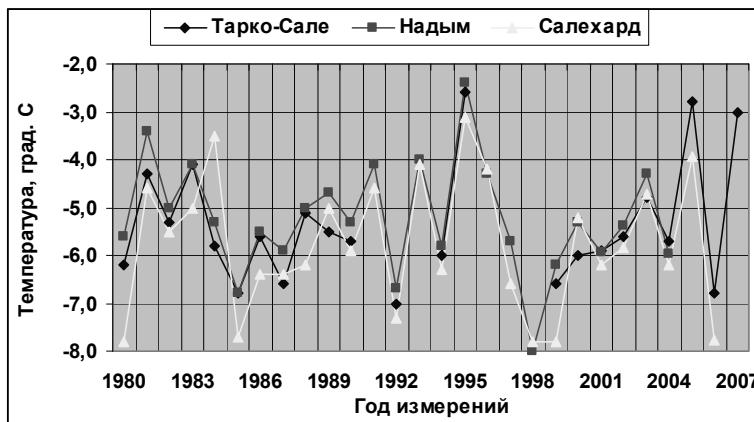


Рис. 3. Межгодовая изменчивость среднегодовых температур для г. Тарко-Сале, Надым, Салехард за период с 1980 – 2007 гг.

В цикл потепления (1980 – 2007 г.) изменения среднегодовых температур имели в основном синхронный характер. В некоторые годы отмечалось наличие незначительных отклонений значений для Тарко-Сале и Надыма. Более выражены различия данных метеостанций, расположенных в континентальной и приморской частей.

По осредненным данным за период с 1980 – 2007 гг. среднегодовая температура воздуха в Тарко-Сале составила $-5,4^{\circ}\text{C}$, Надыме $-5,2^{\circ}\text{C}$, Салехарде $-5,8^{\circ}\text{C}$.

На рис. 4 отражены значения среднегодовых температур, приведенных в СНиП-82 и СНиП-99 и осредненных по данным наблюдений за период с 1980 – 2007 гг. При этом в Тарко-Сале и Надыме тенденция изменений среднегодовой температуры воздуха сохранилась, а в Салехарде сменилась.

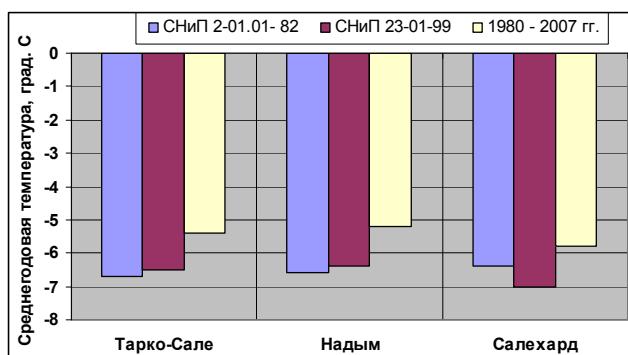


Рис. 4. Значения среднегодовых температур воздуха, осредненных за разные периоды

Однако значения среднегодовой температуры воздуха не являются надежным критериями для оценки реального потенциала атмосферных криогенных ресурсов. Так, в Тарко-Сале с 1937 г. по 2007 г. максимальная средняя годовая температура составила $-2,6^{\circ}\text{C}$, минимальная $-9,3^{\circ}\text{C}$. В Надыме с 1955 г. по 2004 г. максимальная средняя годовая температура: $-2,4^{\circ}\text{C}$, минимальная: $-8,9^{\circ}\text{C}$. По этим данным температурные условия в Надыме были менее благоприятны для работы ОУ. Тем не менее, несмотря на разную длительность периода осреднения температур с учетом порогового значения температуры оказалось, что в условиях этих населенных пунктов ОУ могли бы начинать свою работу в октябре или ноябре и заканчивать в апреле. В Салехарде за период с 1882 г. по 2007 г. значения максимальной средней годовой температуры составило -3°C , минимальной $-10,8^{\circ}\text{C}$. При этом рабочий период оказался более длительным. ОУ могли бы начинать свою работу в октябре или ноябре и заканчивать в апреле или мае.

Основным фактором, лимитирующим работу охлаждающих устройств, является температура атмосферного воздуха. В этой связи целесообразно выявлять продолжительность периодов активности ОУ. Период действия таких устройств может длиться от 4 до 7 месяцев. В табл. 2 представлена сумма месяцев за год (учитывались годы, на протяжении которых сохранялась непрерывность метеонаблюдений) за весь период измерения температур.

Таблица 2. Количество лет с периодами различной продолжительности возможной работы ОУ

Продолжительность периода с условиями, обеспечивающими работу ОУ (мес./год)	Количество лет		
	Салехард (1882 – 2007 г.)	Надым (1955 – 2004 г.)	Тарко-Сале (1937 – 2007 г.)
4	2	1	-
5	31	15	22
6	63	30	38
7	17	4	7

Дать точный прогноз межгодовой и длительной изменчивости температуры воздуха не возможно. Использование трендов не гарантирует надежности прогноза, поскольку изменения климата цикличны. Применение СНиПов при расчетах количества ОУ может привести к ошибкам проектирования и непрогнозируемой дестабилизации состояния грунтовых оснований на строящемся или уже существующем объекте. Методические разработки в области ретроспективного анализа изменчивости значимых ресурсов атмосферного холода для температурной стабилизации грунтовых оснований в части оценки продолжительности периода с условиями, обеспечивающими работу ОУ, целесообразно использовать как при проектировании таких устройств, так и в процессе мониторинга для выявления эффективности и реальных условий их работы.

ЛИТЕРАТУРА:

- Павлов А. В., Малкова Г. В. / Современные изменения климата на севере России. Новосибирск. Академическое изд-во «ГЕО», 2005 г.
- Системы и установки криогенные. Технические условия. Фонды ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень, 2006 г.
- Строительные нормы и правила. Строительная климатология и геофизика. СНиП 2.01.01-82.
- Строительные нормы и правила. Строительная климатология и геофизика. СНиП 23-01-99.
- Internet / <http://meteo.infospace.ru>.

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ ГАЗОПРОВОДОВ-ШЛЕЙФОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕПУСКА ГАЗА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЖЕКТОРА

Зайцев А.С.¹, Трясчин Р.А.²

¹ ООО «Ноябрьскгаздобыча», г. Ноябрьск,

² Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень.

GAS PIPELINES INTERNAL SURFACE CLEANING TECHNOLOGY BASED ON THE INCREASING GAS VELOCITY USING THE INJECTOR UNIT

Zaytsev A.S.¹, Tryastsin R.A.²

¹ JSC “Noyabr’skGasDobycha”, Noyabr’sk

² Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen

This research deals with the development of new method of gas pipelines internal surface cleaning on the late stage of field exploration. The main idea of the work is in the increasing of pipeline capacity and, as the result, the increasing of gas stream velocity by means of bypassing of gas from preparing point using ejector unit. In the context of research the methodology of calculating of bypass-line and geometric parameters of ejector is established.

Большинство месторождений природного газа севера Тюменской области (Уренгойское, Ямбургское, Медвежье и др.) переходят (или уже перешли) в стадию падающей добычи, когда каждый дополнительный процент извлечения остаточных запасов газа связан с прогрессивно возрастающими затратами на подачу сырья в магистральные газопроводы [1,3–5]. В связи с этим остро встает проблема разработки комплекса технологий и технических средств, для ресурсосберегающего освоения и использования оставшегося углеводородного сырья.

По мере разработки месторождения уменьшаются давление и температура пластового газа, что вызывает изменения его удельного влагосодержания, гидродинамические режимы в пласте и оборудовании промысла, условия выноса песка и воды из скважин, режимы газосборной сети, условия образования гидратов, линейные скорости в трубопроводах и оборудовании, суммарную нагрузку по влаге на УКПГ и другие, не менее существенные параметры [6].

Падение дебитов эксплуатационных скважин приводит к уменьшению расхода газа по газопроводам-шлейфам. Обусловленная этим низкая скорость газового потока, а также изменение его термодинамических характеристик приводит к скоплению пластовой жидкости в пониженных участках газопроводов-шлейфов. Наличие жидкости, ее накопление в полости шлейфа оказывает существенное влияние на гидравлические потери, а в зимнее время и на работоспособность шлейфа. В зимнее время низкая линейная скорость движения газа по

шлейфу и сильное остыивание, вызывает снижение температуры в них до отрицательных величин. Это приводит к образованию ледяных пробок, как в обвязке скважин, так и в шлейфах и, как следствие, их остановку.

Теоретически можно выделить несколько направлений решения проблемы скопления воды в газопроводах-шлейфах:

1) повышение расхода газа. Это повлечет за собой увеличение скорости газового потока. Возможно достижение такой величины скорости, которая будет обеспечивать полный вынос жидкости из трубопровода [7]; 2) уменьшение диаметра трубопроводов, что также обеспечит увеличение скорости движения газа; 3) повышение температуры газа. Данный фактор влияет на упомянутые процессы двояко. Во-первых, при положительных температурах исключается возможность замерзания воды. Во-вторых, при повышении температуры газа увеличивается давление, что влечет за собой рост объемного расхода, и, как следствие, увеличение скорости; 4) применение специальных химических реагентов; 5) снижение влагосодержания газа; 6) применение специальных очистных устройств.

Следует отметить, что все перечисленные методы очистки газопроводов-шлейфов обладают определенными достоинствами и недостатками. Поэтому выбор технологии очистки должен быть обоснован технико-экономически. Практический и теоретический интерес представляет разработка и использование более эффективных методов.

В работе [2] предлагается технология увеличения скорости движения газожидкостного потока в шлейфе с низким давлением за счет энергии высокопродуктивных скважин путем объединения газопроводов с низким и высоким давлением по принципу эжектора (рис. 1). Однако такая технология основана на движущей силе энергии более активных скважин, работающих в шлейф, что невольно приведет к потере их дебита. Кроме того, по причине частого расположения низко- и высокодебитных скважин в разных коридорах шлейфогазопроводов не всегда имеется возможность их объединения.

Итак, основной проблемой при использовании принципа эжекции для газосборных сетей является отсутствие (или недостаточное количество) источников энергии рабочей среды.

Суть предлагаемой технологии заключается в том, чтобы использовать для эжектора в качестве рабочего потока газ высокого давления, компримируемый на дожимных компрессорных станциях. Для того, чтобы использовать такую технологию необходимо наличие на промысле трубопроводов, по которым газ высокого давления будет транспортироваться к месту смешения. Как было отмечено выше, на месторождениях с падающей добычей проводится объединение газосборных шлейфов с целью оптимизации их работы. За счет этого высвобождаются трубопроводы, которые и будут, в соответствии с предлагаемой технологией, использоваться для перепуска рабочей среды. Покажем это на следующем примере.

На рис. 2 изображена схема участка газосборной сети Вынгапуровского месторождения. Из рис. 2 видно, что шлейфы, условно пронумерованные как 3, 4, 5 располагаются в одном техническом коридоре. При этом к шлейфу 5 в основном подключены бездействующие скважины. Это позволит использовать его для подачи газа «высокой стороны» от УКПГ. При помощи перемычки «а» будут соединены шлейф 5 и шлейф 4, по которому будет подаваться газ низкого давления от кустов скважин. Использование перемычки «б» позволит вовлечь в общий поток также газ от некоторых скважин шлейфа 3. Место расположения эжектора обозначено на схеме буквой «Э».

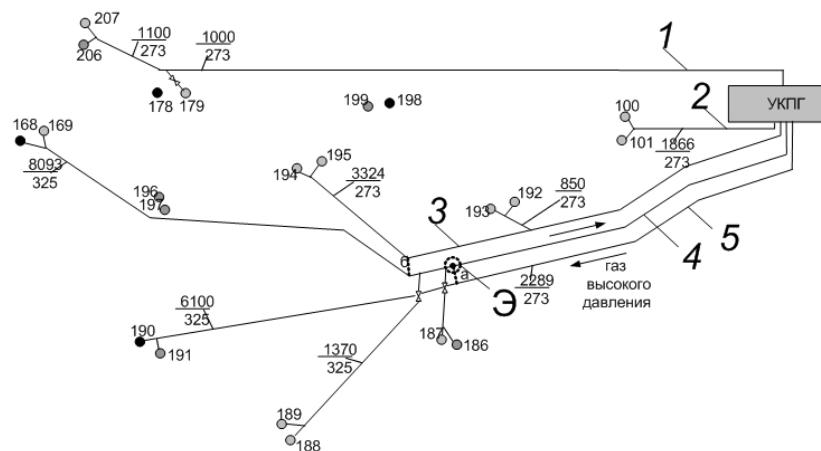
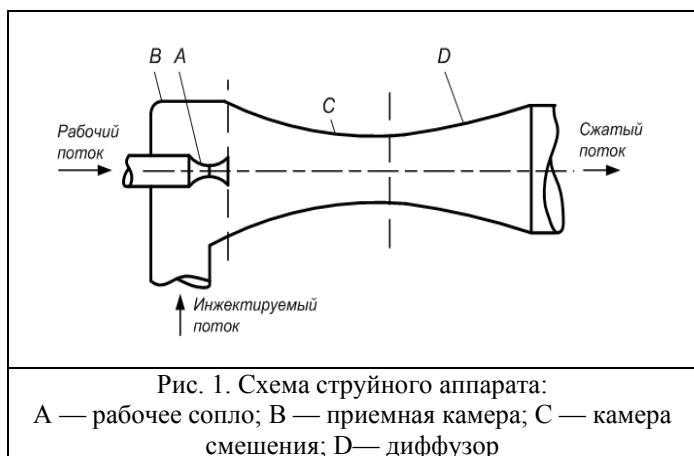


Рис. 2. Схема участка газосборной сети Вынгапуровского месторождения

Для внедрения предлагаемой технологии, и ее эффективного использования необходимо решить нескольких важных проблем с учетом многих факторов (физико-химические свойства добываемой продукции, технологические и конструктивные параметры газосборной сети и т.д.).

Во-первых, чем меньше будет расход газа высокого давления для транспортировки тем меньше будут энергетические затраты на перепуск. Поэтому необходимо определить минимальную скорость газа, при которой будет обеспечиваться вынос жидкости из трубопровода, и, следовательно, минимальное требуемое давление газа «высокой стороны» на входе в эжектор, а также на выходе из ДКС. Во-вторых, необходимо с учетом требуемой скорости определить геометрические размеры и конструктивные параметры струйного аппарата.

Известно, что скорость движения потока газа по длине трубопровода возрастает, поэтому для решения данной задачи будет достаточно установить необходимую скорость в начале трубы, то есть на входе в основной шлейф. Повышение скорости достигается повышением производительности газосборного трубопровода. Поскольку влияние температуры газа на скорость потока очень мало, возрастание скорости произойдет в основном за счет повышения давления газа в начале трубопровода.

Для определения скорости в начале шлейфа необходимо знать значения давления и температуры газа в данной точке, что невозможно без гидравлического расчета обводного трубопровода. Таким образом, методика расчета сводится к подбору такой производительности на обводном трубопроводе, при которой в начале основного шлейфа будет выполняться условие по требуемой скорости потока газа.

Скорость потока газа, при которой начинается унос жидкости определяется по следующей формуле [7]:

$$v_y = \frac{\sigma \cdot 2,46 \cdot 10^{-4}}{\mu_g \left(\frac{\rho_g}{\rho_j} \right)^{0,5}},$$

где v_y – скорость потока газа, при которой начинается унос жидкости, м/с; ρ_g – плотность газа в рабочих условиях, кг/м³; ρ_j – плотность жидкости, кг/м³; σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м; μ_g – динамическая вязкость газа, Па·с.

ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ УСТЬЕВ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Захарова В. Н., Чирко Д. М.
ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень

TERMOSTABILIZATION OF OIL AND GAS WELLS MOUTHES

Zakharova V.N., Chirko D.M.
Scientific Production Company “Fundamentstroiarkos”, Tyumen

There is a problem of the mouth well platform conservation in the conditions of the ground warming while exploration. The effective conclusion of such problems is in the using of "VET" system in combination with isolation of the oil well stem, providing the stability of the mouth well platforms for the whole period of the borehole exploration.

Строительство и эксплуатация скважин в районе распространения вечномерзлых пород приводят к нарушению их термического режима, следствием которого являются деформации приустьевых площадок скважин (в период бурения и эксплуатации) в виде провалов и воронок.

Вокруг скважин образуется зона протаивания, которая на большой глубине близка к цилиндрической, а в верхней части мерзлой толщи может быть представлена в форме перевернутой чаши. Такая конфигурация зоны протаивания вокруг скважины обусловлена тем, что вблизи дневной поверхности часть выделяемого скважиной тепла выводится через поверхность грунта в атмосферу.

Поскольку верхний интервал мерзлых пород представлен позднетретичными и четвертичными осадочными породами, образовавшимися в условиях отрицательных температур, и характеризуется высоким содержанием льда, то протаивание может сопровождаться проседанием дневной поверхности. Такое проседание приводит к перекосу вышки, потере центровки насосного оборудования, что сказывается на работу станков-качалок. При отклонении устьев скважин на угол более 10° от вертикали, происходит обрыв штанг у штанговых насосов и возможна поломка самой скважины.

В особенности опасны случаи, когда проседание происходит не постепенно, в течении длительного времени, а внезапно, в один-два этапа, следующих друг за другом. Одним из условий их проявления служило обязательное наличие каверн вблизи поверхности. Однако протаивание с образованием перевернутой чаши в просадочных грунтах также сопровождается созданием таких полостей. При этом их свод в теплый период года подвержен внезапному обрушению. Это же может случиться и в зимний период под действием дополнительной нагрузки.

Полость образуется путем уплотнения протаявшего грунта внутри чаши непрерывно за все время тепловыделения со стороны скважины, в то же время кровля этой полости не теряет прочности зимой при достаточно низкой температуре атмосферы.

Решение проблемы деформации приуставьевых зон скважин состоит в исключении последствий прорыва мерзлых пород в период длительной эксплуатации скважин или продолжительного бурения способом пассивной и активной теплозащиты мерзлых пород. Если пассивная теплозащита предполагает ограничение величины теплового потока от скважины в породу, то активная теплозащита мерзлых пород подразумевает выведение теплового потока от скважины на поверхность земли с последующим его рассеиванием в атмосфере.

Снижение эксплуатационных затрат при использовании активной теплозащиты состоит в упрощении системы за счет отказа от холодильной машины или насоса (компрессора), или от того и другого одновременно. Так, например, от холодильной машины можно отказаться в случае использования атмосферного холода, а устройство для принудительной циркуляции можно исключить за счет использования естественной конвекции. В результате система активной теплозащиты становится дешевой, не требует постоянного обслуживания и периодически работает.

Для температурной стабилизации грунтов основания приуставьевых зон скважин наиболее целесообразным является применение естественно действующей трубчатой системы охлаждения с вертикальными отводами «ВЕТ», патент №1426151. Поскольку подземная часть этой системы находится в грунте вокруг скважины, а надземная часть отдалена от устья скважины, поэтому система «ВЕТ», не мешает выполнению регламентных работ.

Применение индивидуальных термостабилизаторов потребует установки в грунт герметичных обсадных труб заполненных незамерзающей жидкостью с установкой в них термостабилизаторов. При ремонте скважины необходимо производить извлечение термостабилизаторов и их повторную установку после ремонта. Кроме того, в связи с большой тепловой нагрузкой на термостабилизаторы от скважины, наружный теплообменник будет иметь большие размеры, что усложнит эксплуатации скважины.

Система работает по принципу теплопередающего устройства, заправленного хладагентом – аммиаком (хладон 717) и производит замораживание грунта за счет естественного холода в зимнее время.

Рассмотрим прогнозный расчет изменений температурного режима грунтов в устье скважины примененного на кустовых площадках Ванкорского месторождения.

В качестве объекта рассматриваем формирование термического поведения массива многолетнемерзлых пород (ммп) содержащего тепловыделяющую вертикальную скважину, окруженную системой «вет», в условиях нестационарного сезонного формирования теплового состояния пород, в том числе и приуставьевой зоны. Конструктивно система «вет» состоит из двух автономных подсистем при двухрядном радиальном расположении замораживающих колонок. Каждая из автономных подсистем имеет испарительную (трубопроводную) часть и конденсаторный блок.

Поставленная задача решалась в программы “frost-d&k”.

Frost-d&k, - программный модуль задачи расчета трехмерного теплового состояния системы «скважина – породы» в криолитозоне, с учетом: а) замерзания поровой влаги в спектре температуры и ее засоленности; б) произвольной построенности геологического разреза; в) установки замораживающих колонок; д) управления граничными условиями и внутренним теплообменом в породах.

Прогнозные расчеты производились при следующих исходных условиях:

- температура нефти в интервале 0 – 60 м плюс 52°C;
- скважина не теплоизолированная;
- пространство, образовавшееся в процессе бурения между скважиной диаметром 530 и направляющей скважиной диаметром 324, полностью заполнено цементным раствором;
- годовой ход температуры воздуха задавался помесячно;
- мощность снежного покрова в зимний период составляет от 0,1 до 0,5 м;
- границы инженерно- геологических элементов и их теплофизические свойства задавались в соответствие с отчетом по инженерным изысканиям на площадках кустов;
- расчетная среднегодовая температура грунта t_0 равна 2,0°C;
- устройство на глубине 0,5 м от поверхности грунта, за устьевой зоной скважины теплоизоляционного экрана из пеноплэksа, толщиной 200 мм радиусом 5,0 м, теплопроводность которого $\lambda=0,03$ вт/(м °C).

В качестве расчетных зон для прогнозирования принята - расчетная область, где трубы охлаждающие, вертикальные (ТОВ) расположены в два кольцевых осесимметричных контура вокруг эксплуатационной скважины. Радиус первого контура $r_1=0,8$ м, второго $r_2=3,5$ м.

Эффективный коэффициент α_{ϕ} с учетом термического сопротивления охлаждающих труб в системе “вет” определялся каждый месяц в зависимости от скорости ветра и отношения площадей конденсаторов к площадям испарителей. При расчете α_{ϕ} , учитывалась также гидростатическая депрессия в системах охлаждения.

Прогнозные расчеты представлены в графической форме на рисунках 2–8. Отметка нуля на вертикальном разрезе графиков соответствует отметке низа теплоизоляции.

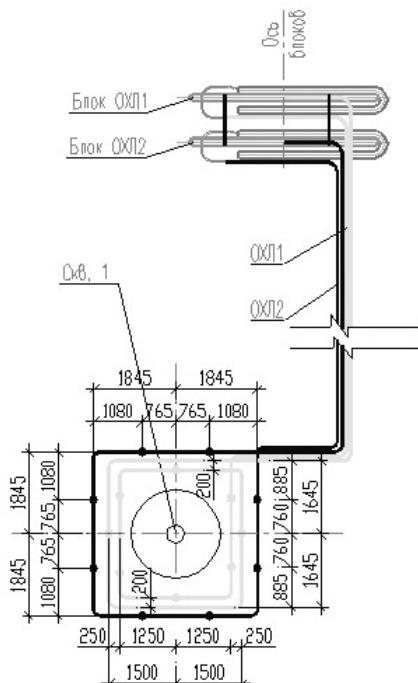


Рис.1. Схема расположения системы охлаждения.

По результатам расчета нестационарного теплового поведения системы «скважина – породы» обосновано применение охлаждающих колонок (ТОВ) в сочетании с поверхностной теплоизоляцией. Оптимальное число ТОВ и места их расположения удовлетворяют ряду критериев (в течение всего года температура на стенке кондуктора должна быть положительной; ореол оттаивания пород вокруг скважины должен иметь минимальные размеры; грунты основания площадки должны находиться в твердомерзлом состоянии).

По результатам прогнозных расчетов видно, что в устьевой зоне на момент окончания летнего периода радиус оттаивания пород составляет 1–1,2 м; за пределами зоны оттаивания грунты находятся в твердомерзлом состоянии, что соответствует условиям поставленной задачи. Данные системы запроектированы на ванкорском и южно-хыльчукском нефтяных месторождениях и рассчитывались для кустов газовых скважин юрхаровского месторождения и месторождений полуострова Ямал.

Основное отличие расчетов по термостабилизации устьев скважин является недопустимость гидратообразования в нефтяной скважине в период регламентных работ. Для этого вокруг нефтяной скважины прокладывается в трубах греющий кабель, который включают на период остановки скважины в зимнее время.

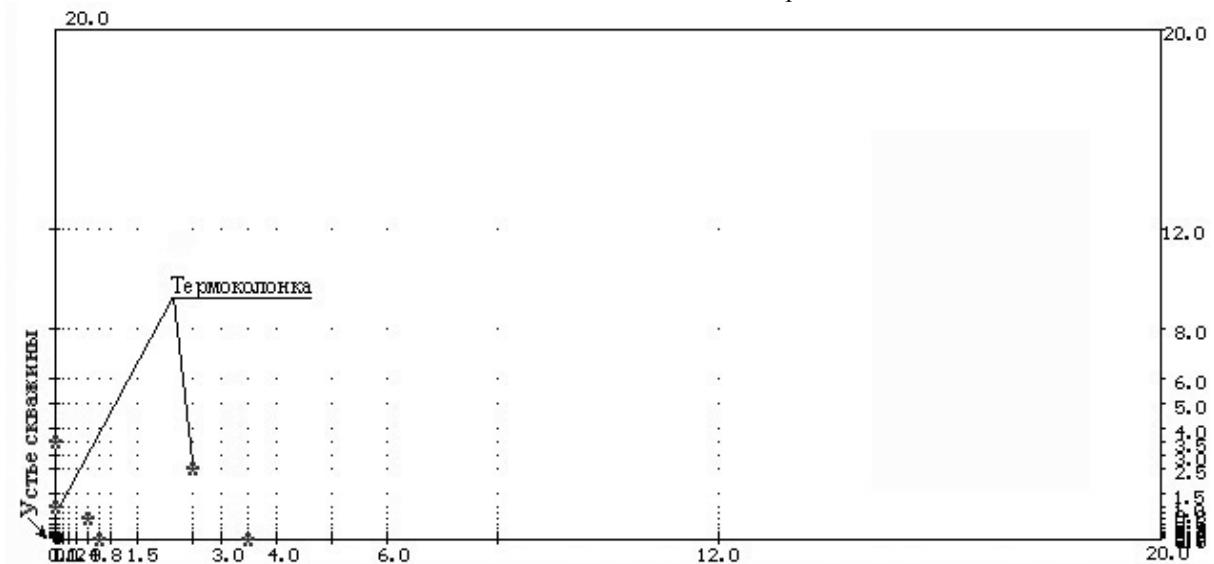


Рис.2. Расчетная область в плане.

Фактическая скорость потока газа в трубопроводе определяется по соотношению

$$v = \frac{M}{F \cdot \rho}, \quad (1.2)$$

Где v – скорость потока газа, м/с; M – массовая производительность газосборного шлейфа, кг/с; F – площадь поперечного сечения полости трубы, м²; ρ – плотность газа в рабочих условиях, кг/м³.

Поскольку газ – среда сжимаемая, за критерий определения скорости следует принять отношение M/ρ , требуемое значение которого рассчитывается по формуле (1.2) после подстановки в нее значения скорости начала уноса v_y .

$$\frac{M}{\rho} = v_y \cdot F. \quad (1.3)$$

В этом случае M будет представлять собой суммарный массовый расход газа по основному и обводному трубопроводам, ρ – плотность газа суммарного потока в рабочих условиях. Плотность суммарного потока газа будет определяться на основе данных, полученных в результате гидравлического расчета струйного эжектора.

Поскольку параметры газа на выходе обводного трубопровода неизвестны, то необходимо провести его гидравлический расчет. В данном случае за параметры газа в начале трубопровода принимаются его параметры

на выходе УКПГ. После того, как параметры (давление, температура) перепускаемого газа будут определены, необходимо в рамках поставленных задач определить геометрические параметры эжектора. Это может быть сделано по известным методикам, изложенным, например, в [8].

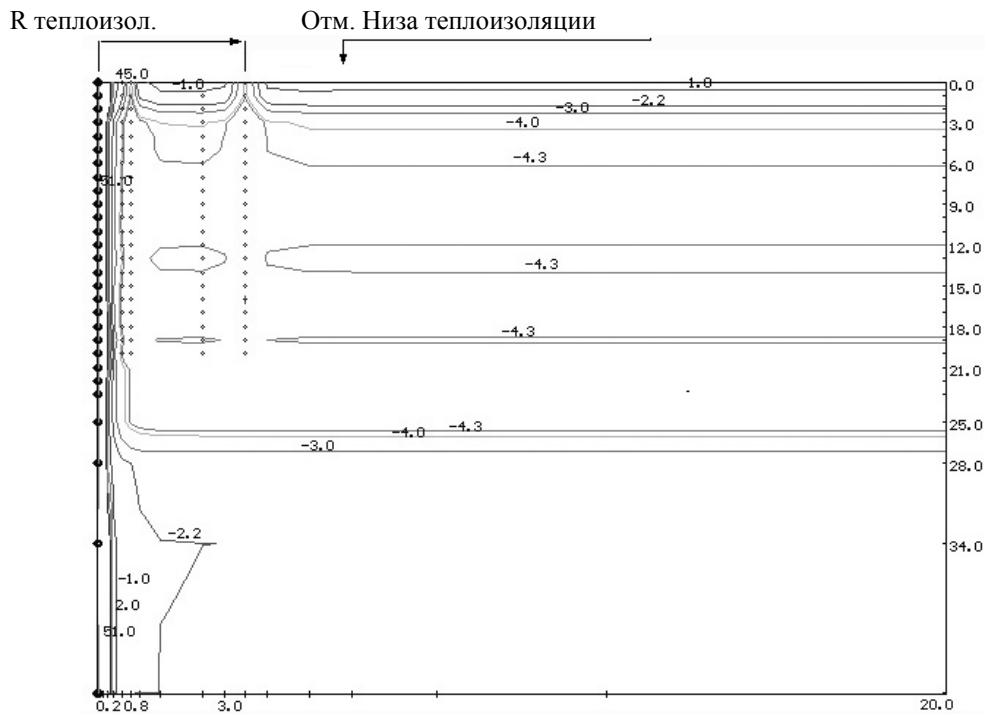


Рис.3. Температура грунта по данным термометрии в скв. № 526 на 10 октября.

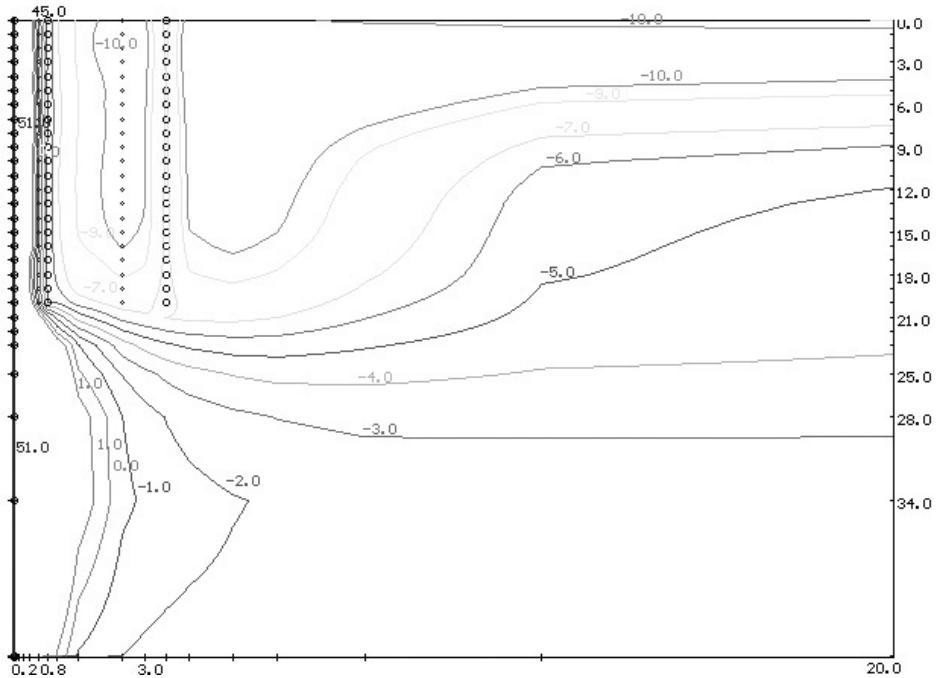


Рис.4. Температура грунта на конец первой зимы (15 мая).

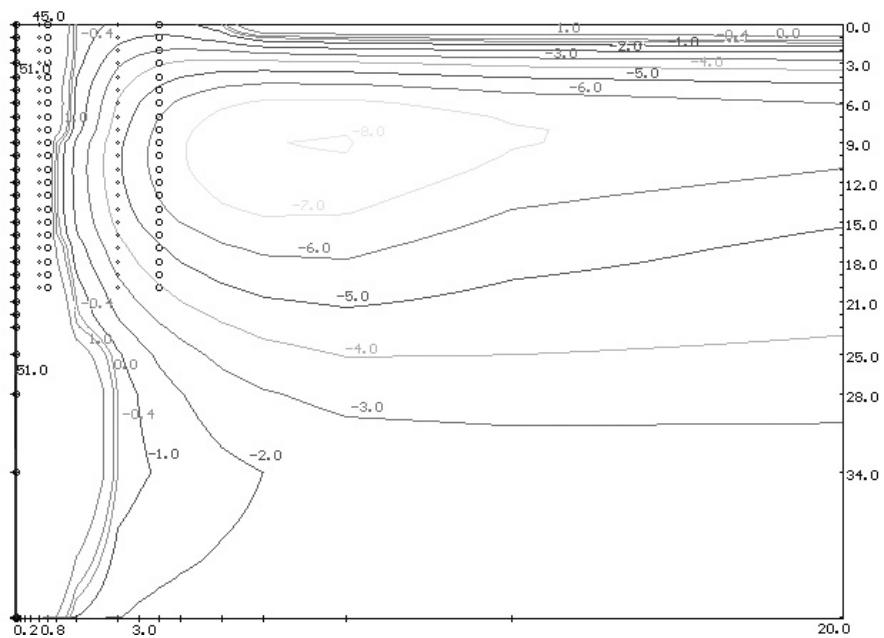


Рис.5. Температура грунта на конец первого лета (15 сентября).

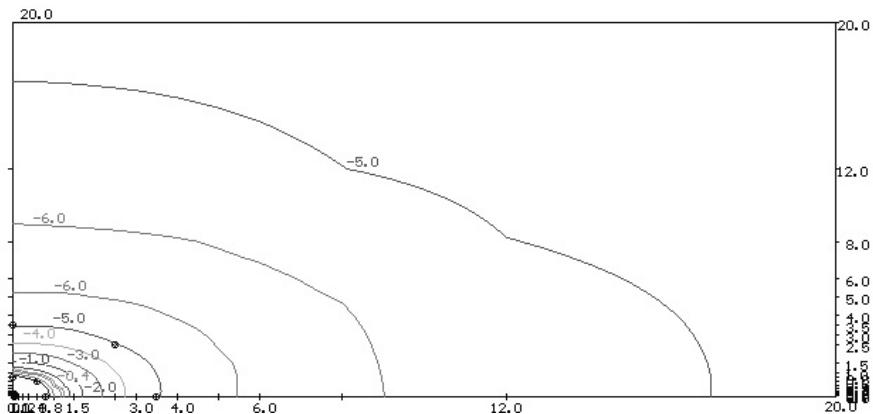


Рис.6. Горизонтальный разрез на конец первого лета.

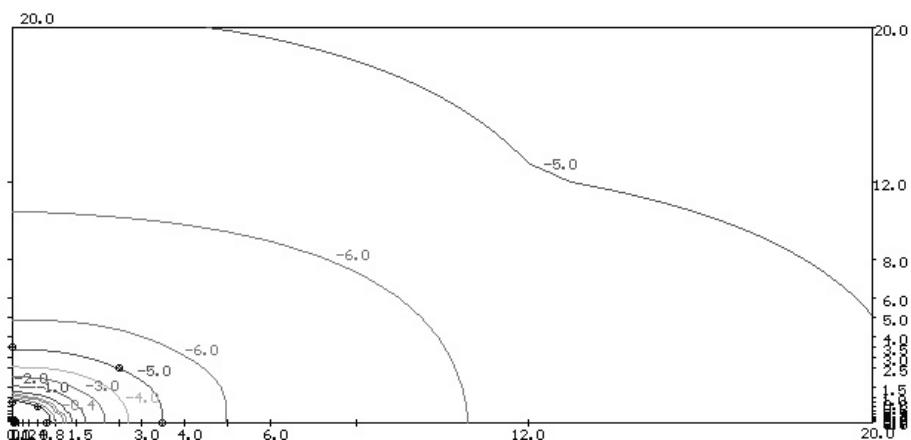


Рис. 7. Горизонтальный разрез на конец второго лета (15 сентября)

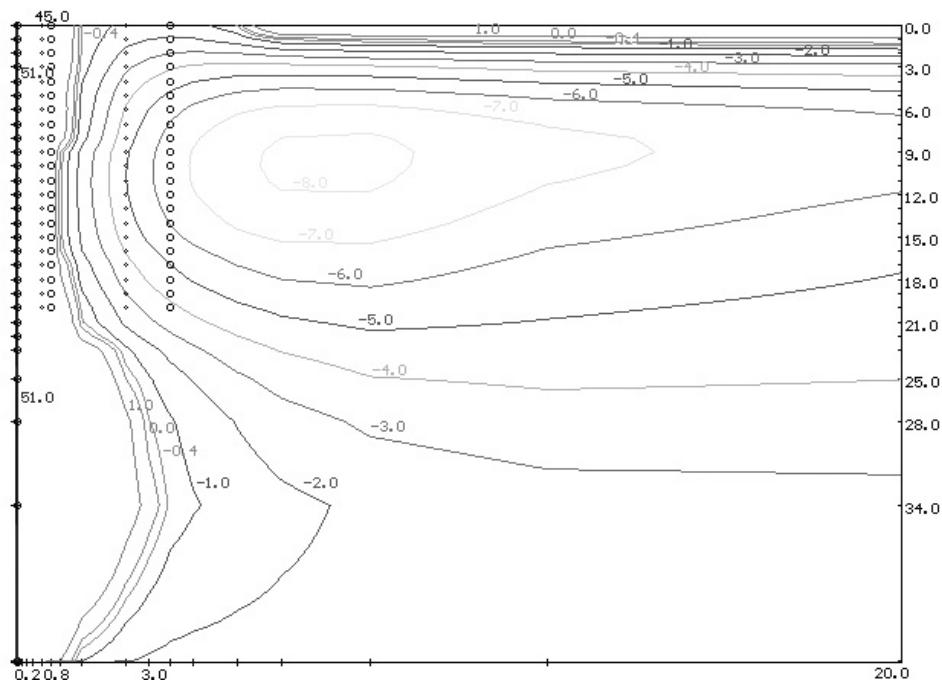


Рис.8. Температура грунта на конец второго лета (15 сентября)

В заключение следует отметить, что в настоящее время специалистами ООО «Ноябрьскгаздобыча» совместно с преподавателями кафедры «Проектирование и эксплуатация нефтегазопроводов и хранилищ» тюменского государственного нефтегазового университета ведутся исследования, направленные на решение следующих задач:

1) установление степени влияния различных факторов (физико-химические свойства жидкости и газа, диаметр, протяженность и профиль трассы трубопровода, расход и скорость движения газа и др.) На процесс выноса жидкости из пониженных участков газопроводов-шлейфов; 2) разработка математических моделей, позволяющих определить скорость газа, обеспечивающую вынос жидкости с минимальными потерями энергии; 3) выявление зависимостей геометрических и конструктивных параметров струйных аппаратов от требуемой скорости газа и расхода инжектируемой среды; 4) создание методики выбора оборудования и обеспечения рациональных режимов работы перепускной системы на основе экспериментальных исследований и анализа их результатов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Китаев С.В. Оценка потенциала экономии углеводородного сырья на дкcs / С.В. Китаев, И.А. Шаммазов // газовая промышленность. – 2005. - № 11. с. 84-85.

2. Савр Э.В. Системы сбора природного газа в период падающей добычи месторождения // Газовая промышленность. – 2003. - № 4. с. 70-72.

3. Шевченко Г.В. Нефтегазовый комплекс России: состояние и перспективы // Газовая промышленность. – 2003. - № 5. с. 96-97.

4. Эффективность инвестиций в объекты добычи газа НПТР и полуострова Ямал / З.Н. Дворядкина [и др.] // Газовая промышленность. – 2003. - № 10. с. 91-93.

5. Тер-Саркисов Р.М. Разработка и добыча трудноизвлекаемых запасов углеводородов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2005. с. 407.

6. Зайнуллин В.Ф. Подготовка газа в период падающей добычи на месторождении Медвежье // Материалы НТС ОАО «Газпром» «Технические решения по подготовке газа к транспорту на газовых и газоконденсатных месторождениях с падающей добычей». – Надым, 2001. – Т. 1. с. 39-42.

7. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. - М.: Мир, 1972.с. 440.

8. Соколов Е. Я. Струйные аппараты. / Е. Я.Соколов, Н. М.Зингер. - 3 изд. перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1989. с.352.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Иванов В.А.¹, Соколов С.М.², Берг В.И.¹, Михаленко Е.С.¹

¹Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень;

²ОАО «Гипротюменнефтегаз», г. Тюмень.

THE INVESTIGATION OF WEST SIBERIAN PIPELINES HEAT INFLUENCE

Ivanov V.A.¹, Sokolov S.M.², Berg V.I.¹, Mikhalenko E.S.¹

¹Tyumen State Oil and Gas Institute, Tyumen

²JSC «GiproTyumenNefteGaz», Tyumen

Northwest Siberian oilfields are in the zone of distribution of permafrost-affected soils which are characterized by various lowering degree when thawing. The mode of interrelation of productive pipelines with thawing soils is not studied completely. So the research of operation conditions of productive pipelines on thawing soil in West Siberia is of great importance.

Конструкция и укладка нефтепромысловых трубопроводов осуществляется таким образом, чтобы воздействие теплого трубопровода на грунт не могло привести к резким деформациям грунта (образование оврагов, крупных наледей, оползней термокарстовых озер и воронок и т.п.).

Промысловые трубопроводы Западной Сибири, построенные в условиях вечномерзлых грунтов (ММГ) относятся ко II и III категориям. К трубопроводам II категории относятся трубопроводы:

а) подземные, прокладываемые на многолетнемерзлых грунтах, при оттаивании которых возможны деформации оснований, превышающие предельные величины, с подземными льдами, а также на участках с возможным пучением грунтов;

б) надземные, прокладываемые на участках, предусмотренных в подпункте «а», и на участках с распространением наледей, с бессточными заболоченными пространствами;

в) прокладываемые на косогорах, с льдонасыщенными, глинистыми и переувлажненными пылеватыми грунтами;

г) прокладываемые с допущением оттаивания многолетнемерзлых грунтов вокруг них в процессе строительства и эксплуатации.

К участкам трубопроводов III категории относятся подземные и надземные трубопроводы, прокладываемые в районах со средними температурами воздуха наиболее холодной пятидневки, ниже -40°C, за исключением участков, отнесенных к I и II категориям.

К металлу труб, применяемых в условиях Крайнего Севера, кроме высоких прочностных требований, должны предъявляться требования повышенной стойкости к хрупким разрушениям. Материал труб назначается согласно [4].

По степени воздействия на окружающие грунты участки трубопроводов делятся на два типа: «горячие» и «холодные». К «горячим» относятся участки трубопроводов, среднегодовая температура которых выше -1°C, остальные - к «холодным». Участки нефтепромысловых трубопроводов в основном относятся к «горячим», которые способствуют образованию оврагов, крупных наледей, воронок и др.

Среднегодовая температура является определяющей с точки зрения ограничения величины ореола оттаивания многолетнемерзлого грунта вокруг трубы. При отрицательной среднегодовой температуре максимальный ореол оттаивания равен ореолу оттаивания на первый год эксплуатации трубопровода (в расчетах не учитывают накопление холода вокруг трубы за зимний период). В последующие годы вследствие накопления холода вокруг трубы (при подземной или наземной укладке) ореол не превысит рассчитанного на первый год эксплуатации, если при образовании ореола оттаивания не произойдет изменения физических характеристик грунта, его деформаций или резкого изменения гидрологического режима.

По виду взаимодействия с многолетнемерзлыми грунтами прокладка трубопроводов делится на две группы. Это обусловлено двумя принципами использования многолетнемерзлых грунтов в течение всего периода эксплуатации, т.е. грунты основания трубопроводов используются в мерзлом; оттаивающем и оттаявшим состояниях.

К первой группе относятся все надземные трубопроводы, ко второй - наземные без обвалования, наземные в насыпи и подземные.

В зависимости от положения трубопровода относительно дневной поверхности земли участки трубопроводов делятся на: подземные (верхняя образующая трубопроводов находится не выше дневной поверхности грунта); наземные (нижняя образующая таких трубопроводов расположена на грунте); надземные (трубопроводы уложены на отдельно стоящие опоры или эстакады).

В зависимости от конструктивного решения трубопроводы могут быть без компенсации продольных деформаций и с компенсацией. Отдельные виды конструктивных решений предусматривают либо частичную компенсацию продольных деформаций, либо периодическую, например, в летний период.

Нефтепромысловые трубопроводы, сооружаемые в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, необходимо рассчитывать с учетом документов: [3]; [5]; [6].

Характер взаимодействия промысловых трубопроводов с оттаивающими грунтами является недостаточно изученным. В связи с этим для целей накопления опыта проектирования и строительства промысловых трубопроводов, исследования условий их работы на северных нефтяных месторождениях, расположенных в зоне островного и прерывистого распространения ММГ, проводился мониторинг на опытных участках построенных по различным вариантам прокладки (подземный, полуподземный и наземный в насыпи). За период наблюдений выявлены локальные (от теплового влияния трубопроводов) и общие (вследствие строительного освоения территории) изменения мерзлотно-грунтовых условий в исследуемом районе.

На всех опытных участках за период эксплуатации (8 лет) под трубопроводами, находящимися на участках ММГ, образовались зоны оттаявшего грунта глубиной от 3 до 8 м обусловленные тепловым режимом, диаметром и способом прокладки. Ореол оттаивания по площади в 1,2–1,8 раза меньше, чем по глубине, и общей конфигурации он имеет чашеобразную вытянутую вниз форму.

Оттаивание ММГ вызвало осадку трубопроводов, а островной характер ММГ способствует развитию неравномерных осадок вдоль оси трубопровода. В результате под трубопроводами сформировалось новое основание из оттаявших, осевших грунтов, которое уплотнилось и обладает достаточной несущей способностью.

Замеры температурного поля в скважинах, расположенных в естественных условиях, показывают, что происходит повышение температуры ММГ и их частичная деградация обусловленная изменением водного баланса, рельефа местности и снегоотложений, являющихся результатом строительных воздействий и неорганизованного проезда техники по тундре. Кроме того, в зоне нарушения естественного мохорастительного покрова строительной техникой происходит деградация ММГ. Мощностью 4–6 м. Однако деградация в зоне островного распространения не приводит к катастрофическим последствиям, так как ММГ представлены в данных районах в основном малопросадочными и непросадочными грунтами, термокарстовые процессы слабо выражены, на оттаявших участках происходит видоизменение растительности. Моховой покров за период наблюдений дополнился травянистой и кустарниковой растительностью. При этом увеличился объем заболоченной территории вдоль трубопроводов, что затрудняет проезд техники в летнее время.

На рис. 1 показан инженерно-геологический разрез одного из термопоперечников и динамика изменения границы ММГ от теплового влияния трубопроводов и от канав-резервов, заполненных поверхностными и грунтовыми водами. Эксплуатационные характеристики трубопроводов на этом участке приведены в табл. 1.

Данные наблюдений показывают (рис. 1), что разработка канав-резервов вблизи действующих трубопроводов и скопление в них воды способствуют образованию под канавами оттаявшей зоны ММГ. Если имеется уклон и происходит течение воды вдоль канав, то ореол оттаивания формируется в начальный период более интенсивно в этих местах, чем под трубопроводами.

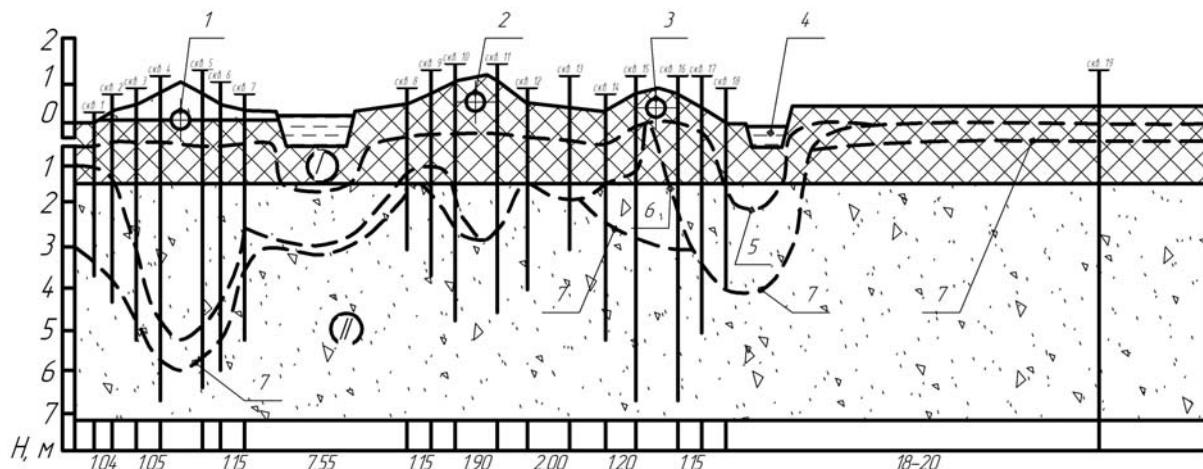


Рис. 1. Динамика изменения границы многолетнемерзлых грунтов на опытном участке: I – торф, II – песок.

Условные обозначения: 1 – водовод диаметром 219 мм; 2 – нефтепровод диаметром 159 мм;

3 – нефтепровод диаметром 219 мм; 4 – канава-резерв; 5 – нулевая изотерма в начале исследования;

6 – нулевая изотерма через 5 лет эксплуатации; 7 – нулевая изотерма через 7 лет эксплуатации.

На рис. 2 показано изменение высотного положения нефтепровода диаметром 159×4,5 мм за 8 лет эксплуатации. По трассе нефтепровода имеются чередования талых и ММГ. Профиль дневной поверхности имеет понижения на талых грунтах и возвышения на ММГ. Во время строительства нефтепровод был проложен по профилю, повторяющему профиль дневной поверхности грунтов.

В процессе эксплуатации нефтепровода произошло оттаивание и осадка ММГ и соответственно осадка нефтепровода на оттаявшем грунте. На талых грунтах нефтепровод обычно сохраняет свое положение на

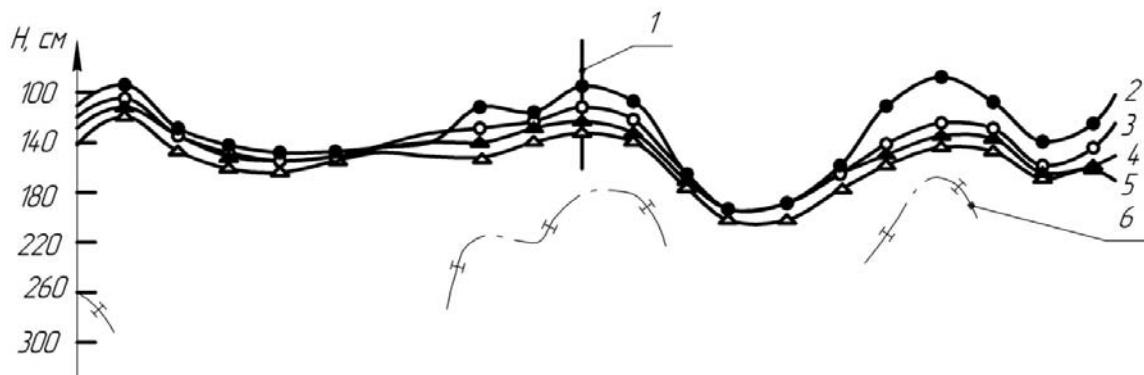
проектных строительных отметках в течение всего периода эксплуатации. Однако на талых грунтах, прилегающих к ММГ, нефтепровод либо частично врезается в талый грунт, либо приподнимается вверх в зависимости от свойств основания талых и длины участка оттаивающих грунтов.

В процессе осадки нефтепровода на оттаивающих ММГ происходит выполаживание профиля нефтепровода (рис. 2) и изменение напряжений изгиба в вертикальной плоскости рассчитаны согласно [2] (табл. 2).

Таблица 1

Трубопровод	1-й год		2-й год		4-й год		7-й год		8-й год	
	температура, °C	рабочее давление, МПа	температура, °C	рабочее давление, МПа						
Водовод диаметром 219×14 мм Нефтепровод диаметром: 159×4,5 мм 219×5 мм	— 25-10	— 1,5-0,6	42 —	14 —	20 —	20 —	20 —	— 0,6 —	8-10 —** —**	13 25 —**

** Трубопровод не эксплуатировался.



Отметки, см	Расстояние, м	Верх грубы				
		8,79	10,85	9,82	8,79	9,84
Талый грунт	276	128	125	104	127	0
		113	110	93	113	10
		139	137	129	139	20
		151	149	143	150	30
		155	153	150	155	40
		147	145	147	147	50
		143	140	145	142	60
		139	136	145	138	70
		206	141	138	114	80
		211	127	121	118	90
Талый грунт		165	122	116	91	120
		174	130	125	102	128
			173	172	179	120
			205	204	207	130
			198	196	196	140
			168	166	165	150
		207	147	145	113	160
		156	140	136	84	170
			136	131	112	180
			161	151	142	190
Талый грунт		159	137	130	159	200

Рис. 2. Изменение высотного положения нефтепровода диаметром 159 мм на опытном участке:
 1 — место термопоперечника; 2 — верх трубы на начало исследования; 3 — верх трубы через 3 года эксплуатации; 4 — верх трубы через 5 лет эксплуатации; 5 — верх трубы через 7 лет эксплуатации; 6 — граница многолетнемерзлого грунта (ММГ) на начало исследования.

Таблица 2

Год	Напряжение изгиба (в МПа) в зависимости от координаты точек (в м):														
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
2	-3,4	-18,7	2,6	24,0	-108,6	136,2	-121,8	76,7	176,5	-142,2	-59,5	-27,5	-48,6	38,5	126,3
6	-5,8	-22,8	2,7	6,7	15,3	-43,2	23,2	14,6	84,6	-28,8	-81,4	-31,8	17,6	27,8	26,7
8	-12,6	19,1	4,9	3,9	14,9	-39,6	19,2	16,7	79,9	-22,3	-82,6	-37,5	20,3	28,4	11,8

Проведенные наблюдения за состоянием обваловки трубопроводов показали, что при наземной прокладке обваловка разрушается от размыва, оплыивания и ветровой эрозии на 70 % для всех трубопроводов. Кроме того, устройство обваловки приводит к перераспределению мощности снежного покрова и задержанию снега, что вызывает увеличение температуры ММГ и мощности сезонного слоя (рис. 1).

При подземном способе прокладки трубопроводов размыв грунта засыпки происходит лишь при уклоне рельефа местности, образовании водотоков и скоплении воды в выемках над трубопроводом. Стабилизация развития ореолов оттаивания и осадок трубопроводов на опытных участках не наступила, поэтому наблюдения продолжаются.

Проведенные исследования подтверждают, что при проектировании нефтепромысловых коммуникаций необходим комплексный учет всех факторов, влияющих на температурный режим ММГ, а также прогноз изменения мерзлотно-грунтовых условий вследствие строительного освоения территории, изменения рельефа местности (вследствие отсыпки насыпей) и теплового влияния на ММГ всех коммуникаций в техническом коридоре.

Исследование действительного характера взаимодействия трубопроводов с оттаивающими ММГ позволяет уточнить методики теплотехнических и прочностных расчетов трубопроводов на ММГ, выбирать оптимальные конструктивные решения по прокладке на стадии проектирования [1].

ЛИТЕРАТУРА:

- Соколов С. М., Караваев С. С., Лаптев А. А.. Результаты натурных наблюдений за промысловыми трубопроводами Западной Сибири.
- СТП 57.00.013-83. Определение напряженного состояния трубопровода по его пространственному положению. Методика и программа расчета.
- ВСН 2-26—71. Инструкции по проектированию трубопроводов с компенсацией продольных деформаций.
- СНиП II-45-75. Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования.
- Инструкция по проектированию трубопроводов, укладываемых в насыпи и с малым заглублением в грунт. ВНИИСТ, 1967.
- ВСН-2-25-51. Инструкции по проектированию подземных «трубопроводов на опорах в вечномерзлых грунтах.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ВОКРУГ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Калиева Д.К.¹, Даниэлян Ю.С.²

¹ТюмГУ, г. Тюмень;

²ОАО «Гипротюменнефтегаз», г. Тюмень.

CALCULATION OF TEMPERATURE FIELDS AROUND THE BURIED OBJECTS OF A RANDOM SHAPE

Kalieva D.K.¹, Danielyan Yu.S.²

¹Tyumen State University, Tyumen

²OAO «Hypotyumenneftgaz», Tyumen

Suggested is semi-analytic method of determining stationary thermal fields in permafrost around the buried heat dissipating objects of the random shape. The problem statement is limited to stationary thermal conductivity problem, solved by a source-sink method. Fulfillment of boundary conditions occurs in separate checkpoints on the surface of the object. Usage of a variant of a method of the least squares allowed reducing the problem to solution of a set of N linear algebraic equations with N unknown quantities.

Presented are calculations of thermal fields for buried tanks of a cylinder shape. Surface temperature is -5°C, temperature of the source surface +10 °C. Calculations showed that the accuracy of the problem solution will depend on the number of sources as well as a number of checkpoints.

Value of this method lies in the possibility to make three-dimensional calculations, as well as calculations for the random distribution of temperature on the surface of a heat dissipating object.

При строительстве промышленных объектов на неосвоенных территориях, почти повсеместно, возникает необходимость использования различных заглубленных объектов (подземные емкости, коммуникации, и т.д.). В случае строительства на вечной мерзлоте, использование заглубленных объектов с

положительной температурой вызывает оттаивание окружающей мерзлоты со всеми хорошо известными и крайне нежелательными, последствиями. Для принятия технических решений при проектировании таких заглубленных объектов необходимо определять температурные поля в окружающем грунте. В технической литературе достаточно освещены методики расчетов линейных объектов (подземных трубопроводов, каналов и др. коммуникаций) [1] и практически отсутствуют данные о методиках для сосредоточенных объектов. Сложность заключается в том, что задача существенно трехмерная, и к двумерной, как правило, не сводится

В докладе предлагается приближенный полуаналитический метод определения стационарных полей в грунте вокруг заглубленных тепловыделяющих объектов произвольной формы.

Описание метода

Предлагается определить стационарное тепловое в вечномерзлом грунте вокруг емкости произвольной формы. Данная постановка сводится к стационарной задаче теплопроводности для полупространства вне рассматриваемой емкости. Задача решается методом источников и стоков [2,3]. Сначала внутри рассматриваемой емкости на некотором расстоянии от ее поверхности располагаются N точечных источников с мощностями C_i , $i=1, N$, точно удовлетворяющих уравнению Лапласа в области вне емкости. На всей поверхности емкости выбираются $M > N$ контрольных точек, по возможности равномерно покрывающих ее поверхность. Задача решается в вариационной постановке, в которой минимизируется сумма квадратов отклонения решения от заданных значений функции в M выбранных точках. Решение этой задачи ищется в виде суммы функций источников с неизвестными мощностями. Такой способ постановки позволяет, используя формализм метода наименьших квадратов, свести вариационную задачу к решению системы N линейных алгебраических уравнений относительно N неизвестных мощностей C_i . Точность решения поставленной задачи будет зависеть как от количества источников и контрольных точек и так и, по-видимому, от расположения источников внутри рассматриваемой емкости. Определение оптимального расположения источников является существенно нелинейной задачей и представляет предмет отдельного исследования. Выбор же фиксированного положения источников позволил сформулировать задачу в линейной постановке. Следует заметить, что предложенная постановка и метод решения применим при произвольном распределении температуры по поверхности емкости, т.е. при неизотермических поверхностях.

Практические расчеты

В качестве примера в докладе приводятся расчеты тепловых полей для цилиндрических заглубленных емкостей, которые обычно применяются при проектировании промышленных площадок в проектах обустройства нефтяных месторождений. Исходные данные принимались следующие. Температура дневной поверхности составляет -5°C , температура поверхности источника $+10^{\circ}\text{C}$. (рис. 1) представленное на рис. 2; горизонтальному источнику (рис. 3) – температурное поле, представленное на рис. 4. Температурные поля объектов приведены в $^{\circ}\text{C}$.

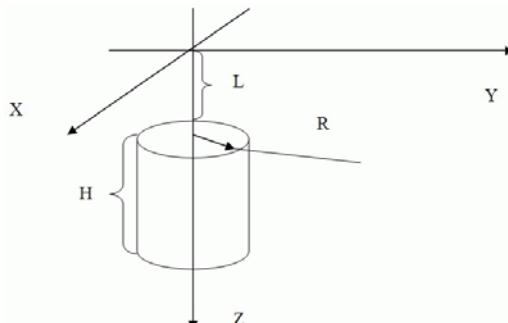


Рис. 1. Схема вертикально расположенного источника.

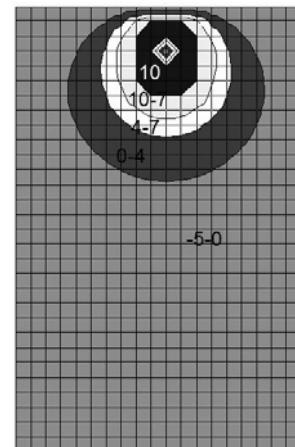


Рис. 2. Температурное поле, соответствующее вертикально расположенному источнику.

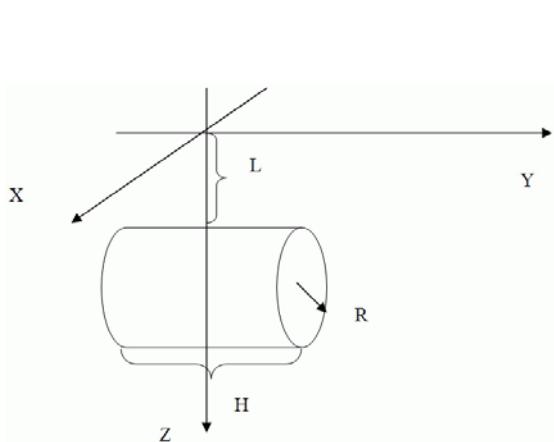


Рис. 3. Схема горизонтально расположенного источника.

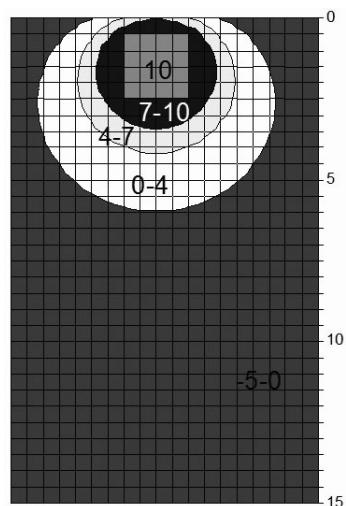


Рис. 4. Температурное поле, соответствующее горизонтально расположенному источнику.

Заключение

В докладе предложен метод расчета стационарных тепловых полей вокруг заглубленных емкостей произвольной формы и при произвольном распределении температуры на их поверхности. Метод применим для расчета стационарной зоны оттаивания в вечномерзлом грунте вокруг тепловыделяющих заглубленных емкостей.

ЛИТЕРАТУРА:

- Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах. Под ред. Ю.И. Велли, В.И. Докучаева, Н.Ф. Федорова. Л., Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1977, с.552.
- Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена.- М.: Атомиздат, 1979, с.416.
- Даниэлян Ю.С., Примаков С.С. Температурный режим системы заглубленных трубопроводов//Изв. РАН. Энергетика, 2007, №1, с. 127–131.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ТЕЛЕ ПОДЗЕМНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ

Капитальчук Т.Г., Бачериков А.С., Земенков Ю.Д., Панфилова Е.Б.
Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень.

QUANTITATIVE ESTIMATION OF STRESS CHANGING WITHIN THE MAIN UNDERGROUND OIL-PIPELINES BASED ON THE RESULTS OF ELECTROMETRY

Kapital'chuk T.G., Bacherinov A.S., Zemenkov Yu.D., Panfilova E.B.
Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen

The present research deals with the conditions of the underground oil-pipelines. In the context of this work the dependence between the stationary potential of pipe steel and pipe body stresses have been established. The result of the work is in the analytical dependences allowing authors to value the variations of stress-deformation conditions accurately, observing the requirements of engineer calculating based on the outcomes of electrometric measurements.

На современном этапе эксплуатации подземных магистральных трубопроводов естественное старение основных фондов создает ряд проблем технического характера, связанных с увеличением риска возникновения аварий и отказов со значительными затратами на ликвидацию их последствий.

Своеобразие районов нефтедобычи Западно-Сибирского региона является основой ресурсной базы России, оказывает дополнительное влияние на магистральные нефтепроводы. Так наличие просадочных мерзлых грунтов, при нарушении естественного теплообмена (вызванного повреждением почвенно-растительного покрова вдоль трассы трубопровода), приводит к смещению оси трубопровода, вследствие подтаивания грунтов в околосрубной зоне. Наряду с этим широкое распространение переувлажненных грунтов, рек и озер Западной Сибири обуславливают интенсивные коррозионные процессы. Результатом весенних паводков и несоблюдения строительных норм зачастую оказывается всплытие трубопроводов и их смещение от проектного положения. Смещение оси трубопроводов приводит к возникновению участков с напряженно-

деформированным состоянием (НДС), и как следствие надрывов изоляционного покрытия, нарушение механических свойств металла и предпосылок к возникновению аварий.

В таких условиях поставленные правительством России задачи перед нефтяниками по обеспечению бесперебойной, надежной и экологически безопасной поставки нефти на внутренний и внешние рынки с минимальными затратами являются сверх актуальными. Возможным решением проблемы может быть внедрение систем комплексного мониторинга технического состояния и мероприятий по увеличению нормативного срока службы трубопроводных систем.

Важность задачи оценки реального технического состояния и контроля изменения НДС обусловила разработку ряда методов и средств диагностики (УЗК, МПМ, РК и др.). Необходимо отметить, что вышеперечисленные методы достаточно эффективно используются в настоящее время. Однако не существует универсального метода, пригодного для любых условий – при наличии определенных достоинств каждый из перечисленных методов обладает и рядом недостатков.

Из анализа известных методов контроля вытекает ряд трудностей при диагностировании подземных трубопроводов, в частности высокая стоимость оборудования, сложность обработки полученных данных и проведения полевых работ, применимость методов при условии, что места концентрации напряжений заранее известны, а также необходимость подготовительных операций, зачистка поверхностей диагностируемых конструкций и др.

С целью определения зон и количественной оценки изменения НДС подземных нефтепроводов на основе результатов электрометрических измерений в ТюмГНГУ при участии специалистов лаборатории диагностики и неразрушающего контроля нефтегазовой отросли «ДинКНО» проведены экспериментальные, натурные и теоретические исследования на участке 134-264 км действующего нефтепровода Холмогоры – Западный Сургут (ХЗС).

Магистральный нефтепровод ХЗС, эксплуатирует структурное подразделение – Сургутский УМН ОАО «Сибнефтепровод». Участок нефтепровода построен в период 1975-1976 года по проекту института «Гипротрубопровод», г. Москва и института «Гипротюменнефтегаз», г. Тюмень. Номинальный диаметр трубопровода на всём участке составляет 820 мм. Фактическая толщина стенки трубопровода изменяется в диапазоне 9,0-12,0 мм. Проектная глубина прокладки 1,1 м до верхней образующей трубы. На участке нефтепровода преобладают марки стали 17Г2СФ – 45,6% и 17Г1С – 49,8% от общей протяженности. В соответствии с ГОСТ 9.602-89 и данными электрометрических измерений удельное омическое сопротивление грунта исследуемого участка изменяется в пределах от 120–1070 Ом·м, что свидетельствует о его низкой коррозионной активности.

При проведении исследований с использованием программного комплекса и приборов германской фирмы «Weiklekes elektronik», многофункционального измерительного прибора «MoData», и обработке полученных данных на ПК с помощью программы Intmess, было произведено более 13000 измерений стационарного потенциала стали по длине исследуемого участка с шагом измерений каждые 10 м (см. рис. 1).

В результате проведенных измерений было принято нормальным значением стационарного потенциала E_{cm} для вышеуказанных сталей и грунтовых условий значения в диапазоне от -0,75 В до -0,60 В.

На графиках распределения стационарных потенциалов E_{cm} (рис. 1), сплошной линией выделены повышенные значения потенциалов (более -0,6В), а также указано их позиционирование.

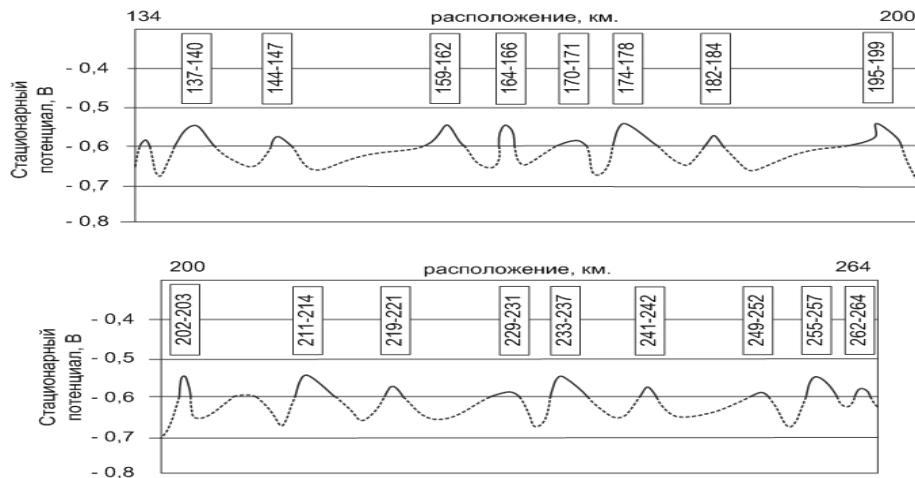


Рис. 1. Изменение стационарного потенциала по длине участка 134-264 нефтепровода ХЗС.

При помощи GPS навигатора и локатора (трассоискателя) серии RD4000 был проведен анализ всего исследуемого нефтепровода, выявлены места с отклонением трубопровода от проектного положения. 100

Обработка полученных данных программным комплексом «ANSYS» (метод конечных элементов) позволила выделить наиболее опасные участки с позиции возникающих напряжений в теле трубопровода (рис. 2). На рис. 2 «жирными» линиями и выносками показаны участки нефтепровода, где зафиксированы значения напряжений σ выше 70 МПа.

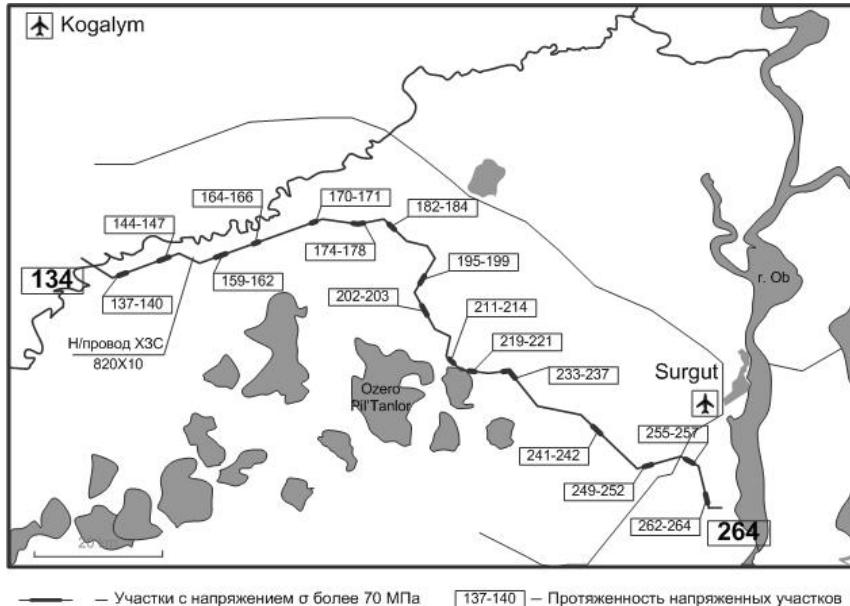


Рис. 2. Участки нефтепровода Х3С с повышенными напряжениями.

Сопоставляя такие показатели как изменения НДС и распределение потенциалов, было выявлено, что при повышении напряжений σ в теле трубопровода, повышаются и значения стационарного потенциала стали E_{cm} .

Статистическая обработка полученных данных позволила впервые получить зависимости стационарного потенциала стали E_{cm} от напряжений σ возникающих в теле труб.

Графические зависимости для сталей марки 17Г1С и 17Г2СФ представлены на рис. 3 и 4 соответственно.

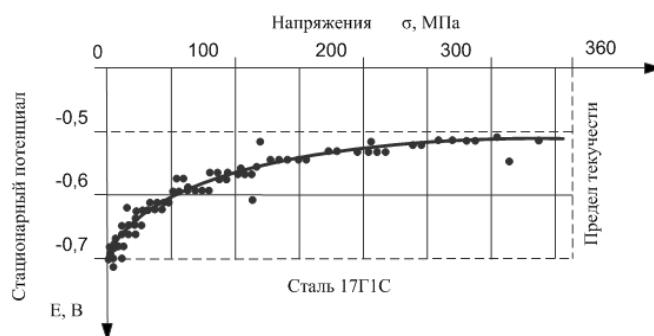


Рис. 3. Зависимость стационарного потенциала от напряжений, возникающих в теле трубы (сталь марки 17Г1С).

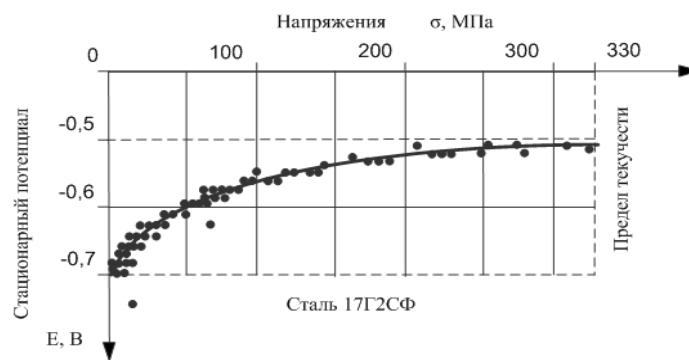


Рис. 4. Зависимость стационарного потенциала от напряжений, возникающих в теле трубы (сталь марки 17Г2СФ).

Полученные графические зависимости описываются уравнениями следующего вида:
а) для стали марки 17Г1С (1):

$$E_{cm} = 0,051 \ln(\delta) - 0,81; \quad (1)$$

$$R^2 = 0,95$$

где E_{cm} - стационарный потенциал стали, В;

δ - напряжение, МПа;

R^2 - коэффициент корреляции;

б) для стали марки 17Г2СФ (2):

$$E_{cm} = 0,056 \ln(\delta) - 0,83; \quad (2)$$

$$R^2 = 0,95$$

Следует отметить высокое значение коэффициента корреляции, которое составляет 0,95 для исследованных сталей.

Принимая во внимание схожие физические и электрохимические свойства сталей 17Г1С и 17Г2СФ, была получена их обобщенная аналитическая зависимость представленная уравнением (3):

$$E_{cm} = 0,054 \ln(\delta) - 0,82. \quad (3)$$

Полученная зависимость позволяет оценивать изменения НДС подземных трубопроводов с точностью достаточной для инженерных расчетов по результатам электрометрических измерений без проведения земляных работ, а также трудоемких подготовительных операций.

ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ

Комаровских Ю.Д.¹, Долгушкина Е.В.

ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень

THE EXPERIENCE OF THERMASTABILIZERS INDUSTRIAL APPLICATION

Komarovskikh Yu.D., Dolgushina E.V.

Scientific Product Company "Fundamentstroiarcos", Tyumen

Scientific Product Company "Fundamentstroiarcos" makes cooling devices for the constructions basements that are located in a zone of permafrost. Various types of devices - systems GET and VET, termostabilizing columns (TC), deep termostabilizers (SOU) are used.

As an example, some objects with established termostabilizers were studied. These objects were chosen due to the length of the investigation period and to the evidently obtained time trend of ground temperature lowering. The data that prove the cooling devices effectiveness is given.

ООО НПО «Фундаментстройаркос» производит охлаждающие устройства различных систем: ГЕТ, ВЕТ, ТК, СОУ для замораживания талых и охлаждения пластично-мерзлых грунтов оснований при строительстве новых и реконструкции существующих сооружений промышленного и жилищно-гражданского назначения, сохранения мерзлоты в процессе эксплуатации зданий и сооружений, расположенных в зоне развития вечной мерзлоты. Самыми распространенными из них, как видно из таблицы ,

Таблица. Количество охлаждающих устройств по объектам

Наименование объектов	ГЕТ	ВЕТ	ТК	СОУ
Банкорское	141	-	56	-
Южно-русское	-	-	4868	-
Самбургское	25	64	1413	-
Ново-Уренгой-ское	3	22	8926	-
Юбилейное	-	28	1049	-
Заполярное НГКМ	36	18	2982	-
Ямбургское	80	10	2208	-
Надымское	205	6	688	-
Мирнинское	-	167	1329	191
Нарьянмарское	52	30	932	-
Салехард	18	3	1449	-
Лабытнанги	4	24	1256	-
Сандибинское	12	2	-	-
Хаканджинское	46	-	75	-
Σ	650	346	27231	191

являются термостабилизаторы типа термоколонок ТК, в связи с простотой монтажа, высокой надежностью, длительным сроком службы (не менее 40 лет) и эффективностью понижения температуры грунтовых оснований.

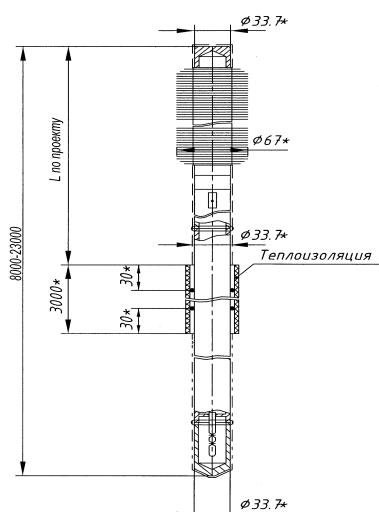


Рис. 1. Термостабилизатор типа ТК

Эти термостабилизаторы применяются в большинстве случаев для охлаждения и стабилизации грунтов свайных оснований зданий и сооружений, они имеют глубины подземной части до 10 – 17 м, глубины термостабилизаторов типа СОУ – до 100 м.

Термостабилизатор ТК представляет собой индивидуальную установку с цельнометаллическим корпусом, однотрубную, одного диаметра по всей длине, с однотрубным конденсатором, заправленную двуокисью углерода или аммиаком – CO_2 , с максимальным рабочим давлением 4 МПа. Испарительная (подземная) часть термостабилизатора находится в грунте, а конденсаторная на воздухе. Срок службы термостабилизаторов, при отсутствии механических воздействий и выполнении правил эксплуатации, соответствует сроку службы сооружения.

В данной работе рассматриваются в качестве примера несколько объектов, на которых установлены для охлаждения и термостабилизации грунтов оснований зданий и сооружений термостабилизаторы типа ТК. Из всех объектов выбраны те, в которых было проведено большое количество измерений и где наглядно просматривается временный тренд в сторону понижения температуры грунта.

По данным систематического мониторинга были построены графики изменения средней температуры 7-ми метрового слоя грунта (с отметки 3 м и ниже) во времени. По графикам можно сделать вывод об эффективности работы охлаждающих устройств.

На рисунке 2 приводятся данные наблюдений на объекте РММ (ремонтно-механическая мастерская) на АБЗ №1. (Заполярное НГКМ). На объекте установлены охлаждающие устройства – 2 ВЕТ, 145 ТК, контроль температуры грунта осуществлялся с помощью 8-ми термокважин, в которых устанавливались термометрические стальные трубы (ТТ) с \varnothing 42 мм с заглубленным торцом снизу. В этих ТТ размещали термометрические косы с температурными датчиками, разнесенные по глубине. Измерения проводились в течение 2-х лет (2006 – 2007 г.) 7 раз.

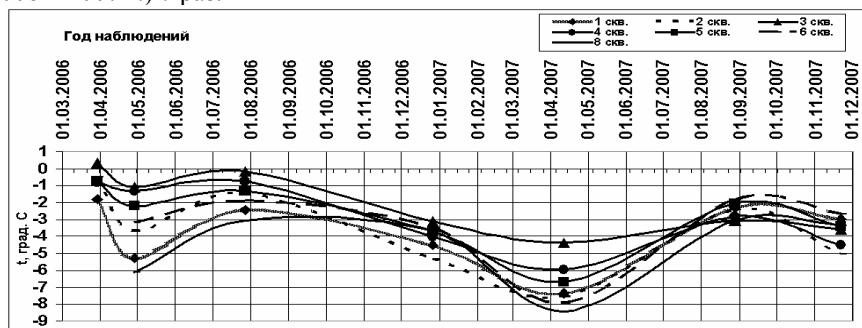


Рис. 2. График зависимости средней температуры 7-ми метрового слоя по годам. РММ

На данном объекте ТТ расположены по периметру и под объектом. Термоколонки расположены по периметру объекта. В центре объекта расположена система ВЕТ. Термометрическая труба ТТ7 вне зоны действия охлаждающих систем. В термометрических трубах ТТ1-ТТ6, ТТ8 температура грунта в 1-м квартале 1-го года измерений была близка к нулю, затем температура после запуска ТК и ВЕТ стала понижаться и пройдя минимум в летний период стала повышаться. С осени и до весны следующего года наблюдалось повышение температуры и т. д. Таким образом четко просматривается температурная цикличность по сезонам.

На рис. 3 приводятся данные наблюдений для 2-го объекта - здание РЭУ п. Ямбург. На объекте установлены охлаждающие устройства – 83 ТК, контроль температуры производился по 11-ти ТТ. Термоколонки ТК запущены 10.2002 г. Измерения проводились в течение 4-х лет (2000 – 2003 г.) 8 раз.

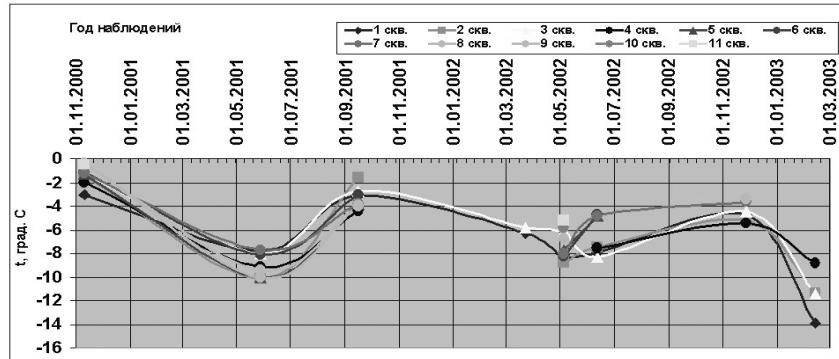


Рис. 3. График зависимости средней температуры 7-ми метрового слоя по годам. РЭУ

На данном объекте термометрические трубы ТТ и термоколонки ТК расположены по периметру. Видно, что температура грунта повышается летом до глубокой осени и понижается зимой до глубокой весны. Четко просматривается температурная цикличность. Наблюдается тренд в сторону понижения температуры грунта.

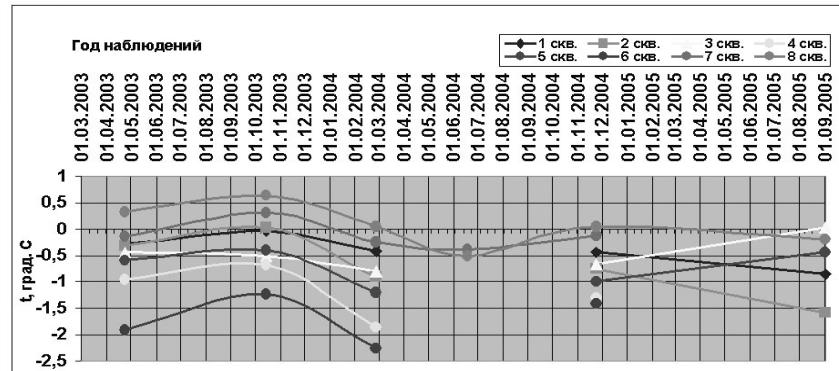


Рис. 4. График зависимости средней температуры 7-ми метрового слоя по годам. Кернохранилище №1

На рис. 4 приводятся данные наблюдений на кернохранилище, корпус №1 (г. Лабытнанги). На объекте установлены охлаждающие устройства – 184 ТК, контроль за температурами грунта производился по 8-ти ТТ. Системы запущены в июле 1993 г. Измерения проводились в течение 3-х лет (2003 – 2005 г.) 6 раз.

На данном объекте как термометрические трубы ТТ, так и термоколонки ТК располагаются по периметру объекта. По данным наблюдений и на данном объекте просматривается сезонная цикличность в изменении температуры грунтового основания.

Проведенные работы по замеру температур грунтов оснований представителями

ООО НПО «Фундаментстройаркос» на объектах Крайнего Севера подтвердили работоспособность и высокую эффективность применения индивидуальных термостабилизаторов типа ТК для охлаждения и температурной стабилизации грунтов оснований.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что выполнение требований проекта и правил эксплуатации термостабилизаторов на вышеперечисленных объектах обеспечило устойчивость температурного режима многолетнемерзлых грунтов, в большинстве случаев средние температуры грунтов не превышали температурную отметку выше 0°C, и просматривается временный температурный тренд в сторону понижения температур массива грунта за наблюдаемый период.

**ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА НОВЫХ ПРОТИВОПУЧИННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
ДЛЯ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ**

Кондратьев В.Г.^{1,2}, Дашинимаев З.Б.²

¹НПП «ТрансИГЭМ», г. Москва.

²ЧитГУ, г. Чита.

EXPERIMENTAL CONTROL OF NEW ANTI-HEAVE MEASURES FOR CONTACT SYSTEM MASTS

Kondratiev V.G.^{1,2}, Dashinimaev Z.B.²

¹NPP «TransIGEM», Moscow

²Chita State University, Chita

Contents and effective usage of the mast sector of railways in permafrost and deep seasonal thaw zone is connected to essential difficulties. At Transbaikal railway only the last 10 years corrected and stabilized were 17192 and replaced 3294 contact system masts.

Scientific-industrial enterprise for engineering-geological and ecological monitoring of transportation structures «TransIGEM» is involved in solving the problem of fixing the contact system masts in frost-susceptible ground of Transbaikal railway since June 2001.

During 2001-2005 TransIGEM devised technical solutions to provide stability of contact system masts in permafrost conditions, undertook experimental checkout of these solutions at the Erofei-Pavlovich division of Transbaikal railway and prepared recommendations for usage of metal screwed up foundations for contact system masts on permafrost which were approved by the Department of electrification and power supply of Russian Railways Company in November 2005. This resolved mostly the problem of security of contact system masts and overhead lines on permafrost areas.

During 2005-2007 TransIGEM performed an estimation of ground susceptibility to frost heave and devised recommendations for fixing of contact system masts in this ground within the framework of design-investigation work performed by Institutes Transelectroproyekt, Zabaikalzheldorproekt and Dal'giprotrans at the sectors Karymskaya-Borzya, Turinskaya-Karymskaya, Burunda-Magdagachi, as well as at the stations Chernovskaya and Karymskaya of Transbaikal railway.

During 2004-2007 TransIGEM in cooperation with Chita State University performed monitoring of stability of screwed up metal foundations of contact system masts of Transbaikal railway, including periodic geodetic checkout of mast foundations, set up in 2002, and analysis of its stability under the recurrent cycles of ground freeze-thaw.

Studies have shown that 20-30% of screwed up metal foundations of contact system masts without special heave devices start heaving out already after 2-3 since establishing, while the same foundations accompanied by anti-heave measures are stable.

Содержание и эффективное использование опорного хозяйства железных дорог в области вечной мерзлоты и глубокого сезонного промерзания грунтов сопряжено со значительными трудностями. Так, на Забайкальской ж.д. только за 10 лет, с 1997 по 2006 гг., выправлено и закреплено 17192 и заменено 3294 опоры контактной сети. В большинстве случаев деформации опор обусловлены выпучиванием (вымораживанием) их из влажные рыхлые отложения сезонно-талого (СТС) или сезонно-мерзлого (СМС) слоев [1]. Опоры, установленные на откосах, склонах и косогорах, под воздействием сил пучения испытывают не только вертикальные, но и значительные горизонтальные смещения [5]. На опоры контактной сети действуют также эксплуатационные нагрузки, особенно на кривых малого радиуса, ускоряющие потерю устойчивости опор.

Если опора заглублена в многолетнемерзлую толщу, то ее выпучиванию кроме силы трения боковой поверхности опоры с талыми (непромерзшими) грунтами и веса опоры противодействуют силы смерзания боковой поверхности опоры с многолетнемерзлыми породами. Если удерживающие силы превышают воздействие сил выпучивания и эксплуатационных нагрузок, то опора сохраняет устойчивость.

Следовательно, для повышения устойчивости опор на участках пучинистых сезонно-талых грунтов, необходимо, во-первых, уменьшать силы выпучивания опоры путем уменьшения сил смерзания грунтов СТС с боковой поверхностью опоры, а также сокращения мощности и влажности СТС; во-вторых, увеличивать противодействующие силы смерзания боковой поверхности опоры с многолетнемерзлыми породами.

В случае сезонно-мерзлых пород также необходимо снижать силы смерзания грунта с боковой поверхностью опоры в пределах СМС, уменьшать его мощность и предзимнюю влажность, увеличивать заанкеривание опоры в нижележащих породах.

В соответствии с этим, были предложены противопучинные мероприятия, направленные на снижение воздействия сил морозного пучения на опору в СТС при одновременном увеличении противодействующих сил смерзания ее с многолетнемерзлыми грунтами с помощью: а) термосифона, вставляемого в полую железобетонную опору (или металлический фундамент), противопучинного бандажа из незамерзающей смазки и защитного кожуха из морозостойкого материала, а также тепло- и гидроизоляции поверхности грунта вокруг опоры [2]; б) солнцеосадкозащитного навеса вокруг опоры и противопучинного бандажа [3].

По решению Департамента электрификации и электроснабжения МПС России противопучинное устройство с термосифоном в 2003 г. было применено в опытно-экспериментальном порядке в комплексе работ на Забайкальской ж.д. по обеспечению устойчивости опор контактной сети в условиях вечной мерзлоты и неустойчивых грунтов путем завинчивания металлических свайных фундаментов. В докладе освещается опыт проектирования противопучинных устройств и их установки, а также результаты мониторинговых наблюдений за динамикой промерзания и оттаивания грунтов вблизи металлических завинчиваемых фундаментов опор контактной сети с противопучинными устройствами, а также за стабильностью фундаментов опор.

На рис. 1 показан вариант конструкции противопучинного устройства для металлической опоры контактной сети с завинчиваемым фундаментом, состоящий, в соответствии с [2], из трех основных элементов: сезонно-действующего охлаждающего устройства (термосифона), теплогидроизоляции и противопучинного бандажа.

Каждый из этих элементов предназначен для решения определенной технической задачи по снижению воздействия сил морозного пучения на опору в сезонно-талом слое и увеличению противодействующих сил смерзания ее с многолетнемерзлыми грунтами, что в результате позволяет обеспечить стабильность опоры в условиях вечной мерзлоты.

Термосифону, устройству для охлаждения и замораживания грунта с помощью теплоносителя, циркулирующего под действием силы тяжести, в противопучинном устройстве для опоры контактной сети в условиях вечной мерзлоты отводится решение главной задачи – охлаждение массива многолетнемерзлого грунта вокруг фундамента опоры и поднятие его кровли с целью уменьшения мощности пучинистого сезонно-талого слоя и увеличения защемления фундамента опоры в многолетнемерзлом грунте.

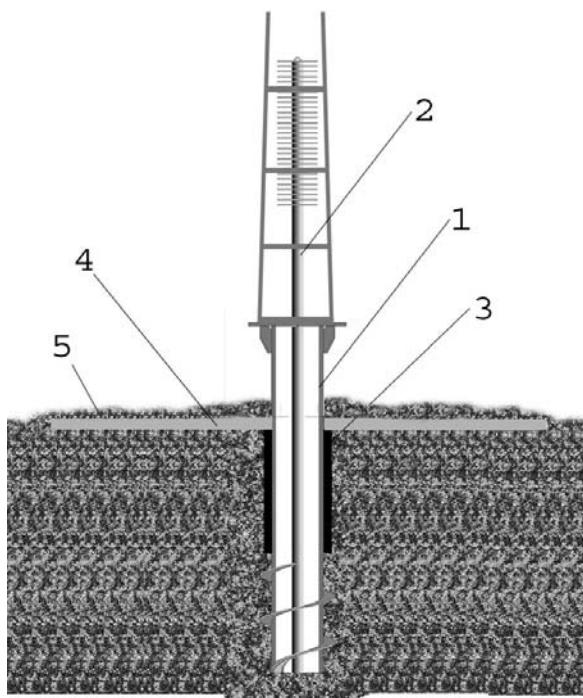


Рис. 1. Металлическая опора с завинчиваемым фундаментом (1) с установленным в него термосифоном (2), противопучинным бандажом (3), теплогидроизоляцией (4), присыпанной слоем грунта 5)

противопучинного устройства для металлической завинчиваемой опоры в качестве теплогидроизоляции использовались теплоизоляционные плиты «Пеноплэкс» [6]. Теплогидроизоляция вокруг опоры имеет форму плоского кольца радиусом, не меньше мощности сезонно-талого слоя возле опоры, с отверстием в центре диаметром, равным диаметру фундамента опоры. Для эксперимента 2003 г. теплогидроизоляционное кольцо радиусом 3 м выкладывалось вокруг опоры и склеивалось на месте из заранее заготовленных деталей из плит «Пеноплэкс». Теплогидроизоляция была размещена на спланированной песчаной подушке и покрыта защитным слоем грунта толщиной 15-20 см для предотвращения повреждений солнечными лучами и механическими нагрузками при нахождении людей возле опоры, а также для защиты от похищений и актов вандализма.

Противопучинный бандаж, накладываемый на фундамент опоры в пределах активной части сезонно-талого слоя грунта, предназначен для исключения смерзания его с боковой поверхностью фундамента.

Для экспериментальной проверки противопучинного устройства для металлической опоры контактной сети с завинчиваемым фундаментом был использован термосифон конструкции ГПИИ «ФУНДАМЕНТПРОЕКТ» - стабилизатор для пластично-мерзлых грунтов, серийно изготавливаемый и использующий в качестве теплоносителя фреон. Стабилизатор имел диаметр 36 мм, длину 8 м, в том числе оребренную часть 2,5 м, вес 31,7-32,6 кг. Нижняя часть стабилизаторов на расстоянии 5,5 м была покрыта черной антикоррозийной краской, верхняя оребренная часть – белой светоотражающей краской.

Слой теплогидроизоляции, укладываемый на поверхность земли вокруг фундамента опоры, предназначен для решения двух технических задач: 1) сохранения в течение лета запаса холода, накопленного в грунте зимой с помощью термосифона и 2) предотвращения увеличения предзимней влажности грунта сезонно-талого слоя возле фундамента опоры при выпадении осенних дождей.

Это позволяет в сочетании с термосифоном уменьшить мощность и пучинистость сезонно-талого слоя при одновременном увеличении защемления фундамента опоры в многолетнемерзлых грунтах.

Для экспериментальной проверки

Для эксперимента была выбрана конструкция бандажа, состоящего из незамерзающей консистентной смазки, высокопористого нетканого геотекстиля и защитного кожуха из 5 сегментов «Пеноплэкс», стянутых полимерными лентами вокруг фундамента опоры.

В октябре 2003 г. была произведена установка противопучинных устройств в составе термосифонов длиной 8 м и противопучинных бандажей длиной 1,25; 2 и 2,5 м на 5 свайных фундаментах опор контактной сети на участке Ерофей Павлович – Сгибеево Забайкальской ж.д. При этом был осуществлен следующий порядок действий. В начале на глубину установки бандажа с платформы со специальным строительно-монтажным модулем с помощью навесного оборудования бурилась лидерная скважина шнеком с диаметром 600 мм. Дальше скважину проходили диаметром 325 мм, принятным для завинчивания свайного фундамента. В процессе бурения скважин отбирались пробы грунта для лабораторных определений гранулометрического состава и физико-механических свойств. Параллельно с бурением скважины, на другой платформе с вибропогружателем, на верхний участок подземной части металлического фундамента, закрепленного к гидрокабестану-вращателю, монтировали противопучинный бандаж из незамерзающей смазки, геотекстиля и защитного кожуха из сегментов «Пеноплэкс». Затем в подготовленную скважину с помощью гидрокабестана-вращателя завинтили фундамент с наложенным бандажом, соблюдая предосторожности, исключающие повреждение бандажа о стенки скважины. В установленный на проектную глубину фундамент с использованием крана-манипулятора по оси фундамента вставили термосифон. Внутреннее пространство в фундаменте заполнили мелким щебнем. Верхнее отверстие фундамента закрыли специальной пластмассовой крышкой для защиты от попадания в него атмосферных осадков. В затрубное пространство, ближе к стенке скважины, установили 4-х метровые тонкие металлические трубы с заваренным нижним концом, для последующей установки в них мерзлотометров и термометров. Затем затрубное пространство засыпали местным грунтом, поверхность земли вокруг фундамента спланировали. Через некоторое время на фундаменты были установлены металлические опоры таким образом, чтобы верхняя оребренная часть термосифона оказалась во внутреннем пространстве надземной части металлической опоры.

Работы по укладке теплогидроизоляционных кругов вокруг фундаментов опор и покрытию их защитным слоем грунта проведены в апреле 2004 г., что позволило максимально использовать зимний холод для промораживания грунтов вокруг металлических фундаментов. Тогда же произведена покраска надземной части фундаментов опор в светоотражающий цвет.

С ноября 2004 г. осуществляются наблюдения за ходом промерзания и оттаивания грунтов (табл. 1), их температурой вблизи металлических завинчиваемых фундаментов опор контактной сети с противопучинными устройствами, а также за стабильностью фундаментов опор с противопучинными мероприятиями и без них.

Анализ данных табл. 1 показывает, что вследствие охлаждающего воздействия термосифонов, вставленных в фундаменты, промерзания грунтов возле фундаментов (в 0,1-0,2 м от них) происходит быстрее, чем на удалении на 0,55-0,65 м. Так, в на 24 ноября 2004 г. грунт промерз возле фундаментов опор 269, 271 и 273 на 3,3, 1,8 и 1,6 м соответственно, а в удалении – на 1,14, 0,46 и 1,16 м соответственно. Эта же закономерность отмечается и по замерам 20 декабря 2004 г. Вокруг опоры 510 сформировался мерзлый массив грунтов, который к осени оттаивает на 2,5-4 м, что обеспечивает сохранение в постоянно мерзлом состоянии грунтов вокруг нижней части фундамента опоры в пределах 1,5-3 м. При этом за пределами влияния термосифона (скв. № 14) формируется лишь сезонно-мерзлый слой мощностью 2,5-3 м.

Термосифон в фундаменте опоры 275 работал только один год и при этом кровля многолетнемерзлых пород вокруг фундамента была поднята с 5 до 2,4 м от дневной поверхности. В октябре 2004 г. термосифон был поврежден при бурении дополнительных наблюдательных скважин, что привело к оттаиванию мерзлого массива грунтов.

Проводилось периодическое нивелирование оголовков фундаментов опор, которое показало, что фундаменты с противопучинными устройствами стабильны в условиях циклов промерзания-оттаивания грунтов: вертикальные перемещения фундаментов не превысили 10 мм - точности измерений III класса нивелирования. Тогда как 20-30% фундаментов без противопучинных устройств начали выпучиваться – их вертикальное перемещение за 5 годовых циклов промерзания-оттаивания составило 10-280 мм (рис. 2).

По результатам экспериментальной проверки противопучинных устройств для металлических завинчиваемых свайных фундаментов опор контактной сети ТрансИГЭМ разработал, а Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» в ноябре 2005 г. утвердил рекомендации по их применению [4]. Это позволило проектным институтам Трансэлектропроект, Забайкальжелдорпроект и Дальгипротранс совместно с ТрансИГЭМ применить новые противопучинные устройства в проектах электрификации линии Карымская – Забайкальск, а также в проектах технического перевооружения опорного хозяйства Забайкальской железной дороги на участках Туринская – Карымская, Бурина – Магдагачи, Могоча - Амазар и ст. Черновская и ст. Карымская.

Новые способы могут использоваться при строительстве и ремонте воздушных линий электроснабжения, устройств сигнализации, централизации и блокировки и продольного электроснабжения и т.п., а также различных надземных трубопроводов, которые также часто подвергаются негативному воздействию морозного пучения грунтов.

Таблица 1. Состояние грунтов возле фундаментов опор с противопучинными устройствами в период с ноября 2004 г. по октябрь 2007 г.

№ опоры	№ скважины и удаление ее от опоры, м	Состояние грунтов					
		24.11.04	20.12.04	30.03.05	21.09.05	28.09.06	30.10.07
510	13 0,8	-	0-1,1 м 1,1-4,0 т 4,0-4,6*м	0-4,7*м	0-2,35 т 2,35-4,7*м	0-2,73 т 2,73-4,7 м	0-0,27м 0,27-3,47т 3,47-4,7м
	14 4,3	-	0-1,3 м 1,3-4,7* т	0-2,37 м 2,37-4,7*т	0-2,45 т 2,45- 2,76м 2,76-4,7*т	0-4,7 т	0-0,34м 0,34-4,7т
275	5 0,1	0-1,1 м 1,1-3,9*т	0-1,74 м 1,74-3,9*т	0-2,87м 2,87-3,8 т	0-3,8*т	0,-3,8*т	0-0,53м 0,53-3,8*т
	6 0,6	0-1,15 м 1,15-4,75*т	0-1,7 м 1,7-4,75*т	0-2,77 м 2,77-4,7 т	0-4,7*т	0-4,7*т	0-0,57м 0,57-4,7*т
	7 0,7	0-1,2м 1,2-4,55*т	0-1,74 м 1,74-5,3*т	0-2,84 м 2,84-4,8 т	0-3,03 т 3,03-3,24 м 3,24-4,8*т	0-4,8*т	0-0,4м 0,4-4,8*т
	8 0,6	0-1,0 м 1,0-4,8*т	0-1,75 м 1,75-4,8*т	0-2,60 м 2,6-4,8 т	0-4,8*т	0-4,8*т	-
	9 0,9	0-0,95 м 0,95-4,8*т	0-1,75 м 1,75-5,4*т	0-2,47 м 2,47-5,3 т	0-5,3*т	0-5,3*т	0-0,62м 0,62-3,2*т
273	4 0,2	0-1,6 м 1,6-2,7 т 2,7-3,2*м	0-3,2*м	0-3,2*м	0-3,2*т	0-3,2*т	-
	10 0,65	0-1,16 м 1,16-5,0*т	0-2,05 м 2,05- 5,0*т	0-5,0*м	-	-	0-0,76м 0,76-3,4т
271	3 0,19	0-1,8 м 1,8-2,9*т	0-3,1*м	0-3,1*м	0-3,0 т 3,0-3,1*м	0-3,05 т 3,05-3,1*м	0-0,47м 0,47-3,58т
	11 0,55	0-0,46 м 0,46-4,8*т	0-2,18 м 2,18-4,8*т	0-4,8 *м	0-3,05 т 3,05-4,8*м	0-3,23 т 3,23-4,8*м	0-0,74м 0,74-3,7*т
269	2 0,09	0-3,3*м	0-3,3*м	0-3,7*м	0-3,5 т 3,5-3,7*м	0-2,95 т 2,95-3,7*м	0-0,74м 0,74-3,7*т
	12 0,59	0-1,14 м 1,14-5, 1*т	0-1,8 м 1,8-5,1*т	0-4,65*м	0-3,05 т 3,05-4,65*м	0-3,2 т 3,2-4,65*м	0-3,53т 3,53-4,65*м

Примечание: буквой «м» отмечено мерзлое состояние грунтов, буквой «т» - талое; * - конец наблюдательной трубки

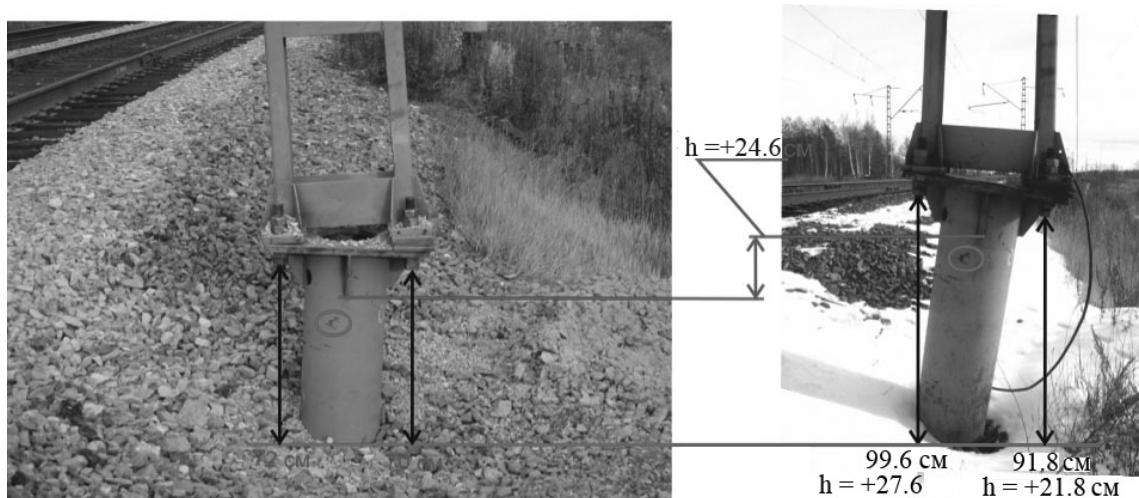


Рис. 2. Выпучивание фундамента опоры № 4 на ст. Улятка Забайкальской ж.д. за период с сентября 2002 г. по октябрь 2007 г.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Достовалов Б.Н., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. М., Изд-во МГУ, 1967. с.403.
2. Кондратьев В.Г. Опора контактной сети, возводимая на пучинистых грунтах. Пат. 2209269 (Россия). Опубл. 27.07.2003.
3. Кондратьев В.Г. Опора контактной сети, возводимая на пучинистых грунтах. Пат. 2209270 (Россия). Опубл. 27.07.2003.
4. Рекомендации по применению противопучинных устройств для металлических завинчиваемых фундаментов опор контактной сети на вечномерзлых грунтах. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД», М., 2005. с.20.
5. Орлов В.О., Дубнов Ю.Д., Меренков Н.Д. Пучение промерзающих грунтов и его влияние на фундаменты сооружений. Л.: Стройиздат, 1977. с.184.
6. Чугуев А.В., Соколов В.В. О производстве, качественных показателях и областях применения теплоизоляционных плит «Пеноплекс» // Тезисы докладов научно-практической конференции «Проектирование и строительство транспортных объектов в условиях Республики Саха (Якутия)». Ч.1. Якутск, 2003. с.59-60.

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СВОЙСТВА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кочурова В.В.
Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

LOW TEMPERATURES EFFECT ON THE POLYMER PIPELINES

Kochurova V.V.
Tyumen State Oil and Gaz University, Tyumen

The article deals with the temperature effect on the strength and deformation properties of polymer pipelines. The main of polymer materials are given.

Mechanical characteristics of polyethylene at low and high pressure are described. The extreme temperature points for operation with polyethylene pipes are given.

Выбор пластмассы для изготовления труб определяется его эксплуатационными условиями. Критерии выбора разнообразны и зависят от назначения трубопровода. Основными критериальными характеристиками полимерных материалов являются механические (прочность, твердость), температурные (изменение механических характеристик при нагревании или охлаждении). Нередко при выборе материала учет его теплового поведения бывает более важным, чем оценка прочностных особенностей.

Для полимеров всех типов интерес представляют пороговые значения рабочих температур, при которых данный материал сохраняет под нагрузкой свои свойства. Диапазон температур зависит от особенностей каждой композиционной группы и определяется для конкретной марки полимера или изделия из него.

В качестве конструкционных материалов используются немодифицированные и ненаполненные полимеры, а также полимерные композиции, состоящие из нескольких компонентов. Основными из них являются полимерная матрица, пластификаторы, стабилизаторы, смазки, наполнители. В зависимости от химического строения, способов получения полимерные материалы имеют различные свойства, которые и определяют границы их использования. Однако в зависимости от условий применения следует учитывать особенности поведения материалов под действием таких нагрузок, как охлаждение, нагрев или длительное механическое воздействие. Для изготовления труб используются полиэтилены высокого и низкого давления.

Основные характеристики полиэтиленов высокого и низкого давления приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики полиэтиленов

Тип полимера	Прочность, МПа		Относит. удлинение, ϵ , %
	σ_b	σ_u	
ПЭ низкой плотности	10...17	12...17	50..600
ПЭ высокой плотности	18...35	20..38	250...1000

Оптимальной для монтажа трубопроводов из полимерных материалов является температура от -5°C и до $+25^{\circ}\text{C}$. При достижении рабочей температуры ниже или выше предельной в полимере могут происходить необратимые деформации:

при низких температурах полимер становится хрупким, происходит стеклование материала,
при высоких – воспламенение или, если полимер не воспламеняется, термическая деструкция, без пламени.

Эти свойства полимера определяются как вязкость и зависят от пластификатора [2]. Чем больше пластификатора и чем ниже вязкость, тем ниже температура стеклования. Основные характеристики теплофизических свойств приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные теплофизических характеристики пластификаторов

Наименование полимера	Плотность, ρ_0 , кг/м ³	Теплостойкость, T_B , °C	Теплопроводность, λ , Вт (м·К)
ПЭ низкой плотности	916...930	40	0,33
ПЭ высокой плотности	950..970	60	0,40

Особенно теплофизические свойства влияют на прочность сварного шва. В зависимости от температуры окружающей среды скорость остывания сварного шва изменяется и при этом могут изменяться и прочностные характеристики шва.

Для более полного представления о влиянии изменения внешней температуры в интервале от -60 до +50°C целесообразно привести данные по тепловому изменению не абсолютных величин механических свойств, а значений прочностных параметров при той или иной температуре T , отнесенных к их величине, определенной при стандартной температуре $T=20^\circ\text{C}$.

Сопоставление позволяет сделать следующие практические выводы.

1. Чем ниже физико-механические свойства термопласта, тем он чувствительнее к изменениям температуры. Полиэтилен высокой плотности уже при +60°C сохраняет лишь половину исходной прочности.

2. Введение рубленого стекловолокна в термопласти (содержание до 30%) способствует уменьшению теплозависимости свойств, причем не только при нагревании, но и при температурах до -60°C.

3. Температура весьма существенно влияет на жесткость термопластов, определяемую их модулем упругости. Для ПЭВП деформативность резко изменяется даже при вариативности температуры в нешироком (-40...+40°C) интервале. Эту особенность необходимо обязательно учитывать, выбирая пластик для изготовления деталей конструкционного назначения, особенно предназначенных для работы в условиях длительных циклических нагрузок.

4. Ударная вязкость термопластов в функции температуры обратно пропорциональна поведению модуля упругости, то есть с возрастанием температуры она увеличивается, а с понижением – падает.

Влияние температуры на термореактивные пластики прежде всего определяется поведением связующего. Известно, что в области стеклообразного состояния с понижением температуры деформационно-прочностные свойства медленно возрастают. Превышение температуры размягчения сопровождается ускоренным падением характеристик.

Большинство реактопластов способны эксплуатироваться в криогенных условиях при температурах до -60°C, при этом их деформационно-прочностные характеристики, включая и ударную вязкость, даже несколько возрастают (табл. 3).

Таблица 3. Влияние температуры на свойства реактопластов

Температура, °C	Механические характеристики реактопластов					
	σ_p , МПа	σ_{cm} , МПа	σ_u , МПа	E_u , ГПа	E_{cm} , ГПа	a , кДж / м ²
-60	68	227	200	17	19	62
20	57	182	149	15	17	53
60	52	134	125	13	17	51

Применение связующих позволяет расширить температурный диапазон использования этих материалов. Введение в состав связующего нитрильного каучука способствует сохранению высоких физико-механических свойств в области низких температур.

На практике, характеризуя полимерные материалы, нередко используют температуры так называемого рабочего интервала, в границах которого механические свойства пластмасс изменяются в приемлемых пределах [1]. Влияние температуры на свойства стекловолокнистых пресс-материалов приведено в табл. 4.

Таблица 4. Влияние температуры на свойства стекловолокнистых пресс-материалов

Свойства	Пеноволокнистый прессматериал СНК-2-27			
	Температура, °C			
	-60	20	100	150
Прочность на изгиб, σ_u , MPa	88	52	29	24
Прочность на сжатие, $\sigma_{сж}$, MPa	129	111	71	58
Модуль упругости, E_u , ГПа	16	11	10	9

Морозостойкость (хладостойкость, температура хрупкости) определяет нижний предел работоспособности полимерных материалов. Методы определения морозостойкости стандартизированы ГОСТами.

Используются разнообразные технологические, рецептурные и физико-химические способы регулирования температуры хрупкости пластмасс. По этой причине на основе базовых марок полимеров получены материалы с широким диапазоном морозостойкости. Например, для ПЭНП он составляет от -45 до -120 °C.

Высокая экономическая эффективность пластмасс определяется и тем, что процессы их соединения позволяют сократить до минимума время монтажа, а использование труб длиной 150-200 метров еще более сокращает время монтажа и, соответственно, число занятых на производстве специалистов.

ЛИТЕРАТУРА:

- Крыжановский В.К., Кербер М.Л. Производство изделий из полимерных материалов. – С.-П.: Профессия, 2004.
- Удовенко В. Е., И. П. Сафонова, Н. Б. Гусева. Полиэтиленовые трубопроводы. –М.: ЗАО «Полимергаз» 2003.

АНОМАЛЬНЫЕ ГОЛУБЫЕ ОЗЕРА И ПОДЗЕМНЫЕ ЛЬДЫ БОВАНЕНКОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Крищук Л.Н.

ВНИИ гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), г. Москва

THE ANOMALOUS BLUE LAKES AND GROUND ICE OF BOVANENKOVO GAS-CONDENSATE DEPOSIT (GCD)

Kritsuk L.N.

Russian Research Institute for Hydrogeology and Engineering Geology (VSEGINGEO), Moscow

The paper presents the results of studying the blue lakes at the Bovanenkovo GCD: morphometric characteristics and regularities of their spatial distribution that were revealed through analyzing the data of the long-term integrated engineering-geological study of VSEGINGEO Institute, as well as the materials of the chemical composition of the water samples analysis from numerous tested lakes and ground ice in cliffs and boreholes. The obtained data confirm the conclusion of the genetic relationship of the blue lakes with the geological-structural conditions and oil and gas deposits, which has been made in the end of XX century by VNIGRI researchers that studied the nature of these lakes (Kuzin, 1992). At the same time, no confirmation was found for the statement of the fore-researchers that "a peculiar feature of blue lakes is an increased content of sulphates in them".

Озера, представляющие собой один из ведущих элементов ландшафта, чрезвычайно широко распространены в Западной Сибири. Они встречаются во всех природно-климатических подзонах, имеют разные линейные размеры, форму и глубину, а также различаются цветом озерной воды. Среди большинства «черных» озер, цвет воды которых обусловлен наличием гуминовых веществ, встречаются аномальные озера с выходами газов, в которых вода не содержит гуминовых веществ и поэтому она практически бесцветна. На дне таких озер наблюдается массовое развитие синезеленых водорослей, благодаря которым озера с воздуха имеют зеленовато-голубой цвет, а на черно-белых АФС – белый. Для отличия от черных эти озера были названы И.Л.Кузиным голубыми [2].

Исследованием морфологии дна и природы «голубых» озер занимались в прошлом веке геоморфологи, гидрогеологи и гидрохимики ВНИГРИ [2]. В процессе полевых работ было установлено, что характерной чертой озер с газопроявлениями является широкое распространение воронок взрыва (газового прорыва). Отобранный из воронок газ имеет преимущественно азотно-метановый состав с очень низким содержанием тяжелых углеводородов (Кругликов, Кузин, 1973). Изотопный анализ гелия и углерода метана указывает на поступление его из глубоких (1-3 км) горизонтов осадочного чехла (Прасолов, 1981). Специальные химические

и микробиологические исследования позволяют говорить о том, что отсутствие гуминовых кислот и некоторые другие аномалии, связаны с микробиологическим круговоротом серы в голубых озерах [2]. Полученные данные указывают на поступление сульфатов из недр, что подтверждается микробиологическими исследованиями. Источником сульфатов являются преимущественно породы морского палеогена, представленные опоками, опоковидными и диатомовыми глинами, содержание рассеянных сульфидов в которых изменяется от долей процента до нескольких процентов. И.Л.Кузин пришел к выводу, что отличительной особенностью голубых озер является повышенное содержание сульфатов (которые образуются за счет микробиологических преобразований нерастворимых в воде сульфидов при участии бактерий *Thiobacillus ferrooxidans*). Для жизнедеятельности этих бактерий, способных разрушать сульфиды с образованием растворимых в воде сульфатов, необходимо поступление в среду их обитания углекислоты. Благоприятные для этого условия наблюдаются на дне голубых озер, где из недр на поверхность постоянно выходит углеводородный газ [2].

В процессе дешифрирования черно-белых и сопоставления планового положения голубых озер с разведанными месторождениями нефти и газа И.Л.Кузиным был установлена высокая сходимость этих показателей. Так в Среднем Приобье и на междуречье рек Надыма и Пура 87% голубых озер совпадает с месторождениями нефти и газа. Поэтому участки распространения голубых озер и особенно их групп, по мнению И.Л.Кузина, следует рассматривать как высокоперспективные на поиски месторождений нефти и газа [2].

В 2006г. при дешифрировании спектрональных КС для составления карты геокриологического районирования полуостровов Ямала и Гыдана нами было установлено широкое распространение голубых озер в регионе и, особенно, на полуострове Ямал. Проведенный анализ распространения голубых озер выявил их пространственную и генетическую связь с геолого-структурными условиями, кольцевыми морфоструктурами разного порядка, месторождениями нефти и газа и крупными залежами подземных льдов [1]. Концентрация этих озер и их размеры резко возрастают в зонах глубинных разломов фундамента плиты, с которыми в свою очередь связаны нефтегазоносные локальные структуры. Наибольшее количество голубых озер развито в центральной части п-ова Ямала, где они сосредоточены в пределах Омско-Ямальской зоны разломов [3]. При этом особенно большое их количество отмечено на южной части площади Бованенковской куполовидной локальной структуры третьего порядка, где близко к поверхности залегают отложения морского палеогена. Общее количество голубых озер разного размера (от нескольких десятков метров до 1-2,5 км) на площади около 1500км² составляет несколько десятков. Большинство озер имеет изометричную или вытянутую форму, а бесформенные озера располагаются в чашах подобной формы (т.е. являются остаточными). Самое крупное голубое озеро Тибейто, расположенное на крыле купола южной части Бованенковского ГКМ, помещается в практически круглой чаше диаметром около 6км. Скопления голубых озер представляют собой дугообразные или линейные цепи, вытянутые в северо-западном и северо-восточном направлениях. Именно с этими направлениями связаны зоны разломов двух систем: самой древней, омоложенной в кайнозое - фундамента и самой молодой - платформенного чехла [3]. В подавляющем большинстве голубые озера здесь расположены в тыловой части поймы рек Сеяха и Надуйяха, но встречаются и на вытянутых в направлении разломов останцах древней поверхности и на водоразделах. Со многими голубыми озерами связаны выходы мощных подземных льдов, наблюдавшихся как в процессе тематических и съемочных работ ВСЕГИНГЕО, так и другими исследователями. На рисунке показаны береговые обнажения мощных подземных льдов, наблюдавшихся в период с 1980 по 1990 гг., а также места вскрытия мощных подземных льдов буровыми скважинами. Озерная вода и подземный лед подверглись массовому гидрохимическому опробованию, обобщенные результаты которого приведены в таблице.

Таблица. Минерализация и среднее содержание ионов в озерной воде и ледяном расплаве

Название и количество проб	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NO^-	$(\text{Na}^+\text{K})^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^+	Минерализация (г/л)
Озерная вода(60)*	47,88	57,21	0,9	1,02	58,9	17,57	24,01	-	54,59
Подземный лед: в обнажениях (11) в скважинах (576)	66,47 58,98	33,7 36,32	- 1,17	1,51 -	63,90 47,7	20,33 27,51	15,82 23,56	- 0,22	30,9 71,98

*) В анализе участвуют как «аномальные», так и «нормальные» озера.

Анализ таблицы не позволяет согласиться с утверждением И.Л.Кузина о высоком содержании в голубых озерах сульфат-иона. В большинстве опробованных озер он вообще отсутствовал, либо содержался в незначительных количествах. Исключение представляли собой озера, приуроченные к южному куполу Бованенковской структуры (КУ-1-85). В 5 опробованных здесь озерах содержание сульфатов изменялось от 1 до 19%-экв. при повышенной минерализации воды (до 250 мг/л). Примечательно, что в подземных льдах, вскрытых термоэррозией в береговых обнажениях озера, расположенного в тыловой части поймы р.Сеяха, а также в пробуренных и детально опробованных здесь двух буровых скважинах, глубиной до 15м., содержание сульфат иона изменялось от 44 до 79%-экв. при среднем значении в 15 пробах - 62,8%-экв. По-видимому,

особенности цвета голубых озер связаны с другими факторами, например с микроэлементным составом глубинных вод, разгружающихся в эти озера.

В докладе приведен цветной спектрональный космоснимок площади Бованенковского ГКМ, на котором показаны ключевые участки полевых работ ВСЕГИНГЕО; зафиксированные береговые обнажения мощных подземных льдов; иллюстративные материалы комплексного изучения одного из голубых озер; фотографии подземных льдов в береговых обнажениях озер и долины реки Сеяха (вода которой окрашена в синий цвет), а также результаты статистической обработки данных анализа химического состава проб озерной воды и льда.

Наличие и особенности распространения голубых озер, многие из которых являются местными очагами питания и разгрузки подземных вод глубоких горизонтов, должны учитываться при разработке Бованенковского месторождения. Исследования феномена аномальных озер необходимо продолжить.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Крищук Л.Н., Дубровин В.А., Ястреба Н.В. Кольцевые структуры и голубые озера Ямала и Гыдана. /Материалы международной конференции «Криогенные ресурсы полярных регионов», том I, Салехард, 2007.- с.31-34.
- 2.Кузин И.Л. О природе аномальных озер – показателей скопления углеводородов в глубоких горизонтах осадочного чехла. /Проблемы оценки новых зон нефтегазонакопления в основных продуктивных толщах Западной Сибири. СПб: ВНИГРИ. 1992. с. 129-137.
- 3.Шаблинская Н.В. Разломная тектоника Западно-Сибирской и Тимано-Печорской плит и вопросы нефтегазоносности палеозоя. Л.: Недра, 1982. с.155.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НАСЫПИ НА ОТТАИВАЮЩИХ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Кудрявцев С.А.¹, Вальцева Т.Ю.¹, Берестяный Ю.Б.²

¹Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск;

²Научно-внедренческая компания «ДВ-Геосинтетика», Хабаровск

RAILWAY EMBANKMENT DESIGN ON THAWING PERMAFROST SOILS

Kudryavtsev S.A. ¹, Valtseva T.Y. ¹, Berestyany Y.B. ²

¹Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk

²Scientific Production Company "DV-GEOSYNTHETICS", Khabarovsk

The purpose of the extensive laboratory experiment and computer modeling was to define the possibility of using of some geosynthetic constructive materials and to achieve the increase of bearing ability and the decrease of deformability of the soil embankment, and also to estimate the efficiency of their use to increase of the reliability of the railways on frozen soil.

Researches were conducted as a part of a new railroad-building program on frozen soil in Russia (republic Sakha-Yakutia, "Tommot – Kerdem" section) on a site with ice complex distribution.

The purpose of the research was to study the possibility of rational application of constructive solutions using the modern geosynthetic materials, allowing constructors to decrease the deformability of a roadbed on the site where the ice-rich soils are distributed.

The scientific proof of modern geotechnical solutions efficiency for strengthening the main platform and the basis of the roadbed is determined by the using of new geosynthetic materials.

As a material for the model medium, the sand as priming soil-analog of an experimental ground in Tommot was accepted on a site of the ice complex distribution. Smooth plastic material was used in the case of the hillside yielding on a slope surface.

All tests were conducted in the equal conditions, except of the presence or the absence of the strengthening factor. This allowed us to reduce the influence of random factors and to increase the reliability of the obtained regularities.

For the research of a qualitative and quantitative picture of large-scale laboratory modeling the modern program complex "FEMmodels" was used.

The analysis of the obtained results shows, that the embankment forced by geosynthetic materials can maintain up to 45% or even more loading, than the non-forced one of the equal size. So, the maximum load without geosynthetic material forcing made 220 kN, and the maximum load without destructions makes 190 kN. And using the geosynthetic materials the first load can make 330 kN, and the second one – 275 kN.

So, at higher loads on the embankment, the deformations are much less in the embankment that is forced by geosynthetic materials, than in non-forced one.

Исследования выполнены в рамках целевой программы строительства железнодорожной линии Томмот – Кердем на участке «ледового комплекса».

Цель исследований: изучение возможности рационального применения конструктивных решений с использованием прочностных и деформативных свойств современных геосинтетических материалов для повышения несущей способности и уменьшения деформативности земляного полотна на оттаивающих сильнольдистых основаниях косогорных участков.

Научное обоснование эффективности использования современных геотехнических решений при усилении основной площадки и основания земляного полотна конструктивными элементами, использующими современные геосинтетические материалы.

Для достижения поставленных целей параллельно были выполнены исследования по определению параметров деформативности и напряженно-деформированного состояния насыпей под действием эксплуатационных нагрузок и собственного веса в условиях геотехнической лаборатории при крупномасштабных испытаниях и расчетными методами с использованием современных методов математического моделирования.

В качестве материала для модели использован песок средней крупности как грунт-аналог принятого в рабочем проекте для опытного участка железнодорожной линии Томмот – Кердем. В качестве оттаявшей прослойки косогорного основания использован суглинок текучий на наклонной поверхности гладкого пластика.

Все испытания выполнены для конструкций без усиления и с усилением в остальных равных условиях, что позволило уменьшить влияние случайных факторов и увеличить надежность исследуемых закономерностей.

Усиление модели насыпи выполнено в соответствии со схемой (рис.1) конструкциями в виде грунтовой обоймы у основания и полотна в рабочей зоне основной площадки.



Рис. 1 Модель насыпи на косогоре с усилением

Для регистрации деформаций под нагрузками использована лазерная система и оптическое оборудование.

Анализ результатов выполненных испытаний моделей без усиления и с усилением (рис. 2, 3) показывают на повышение несущей способности за счет армирования тела насыпи из геосинтетических материалов.

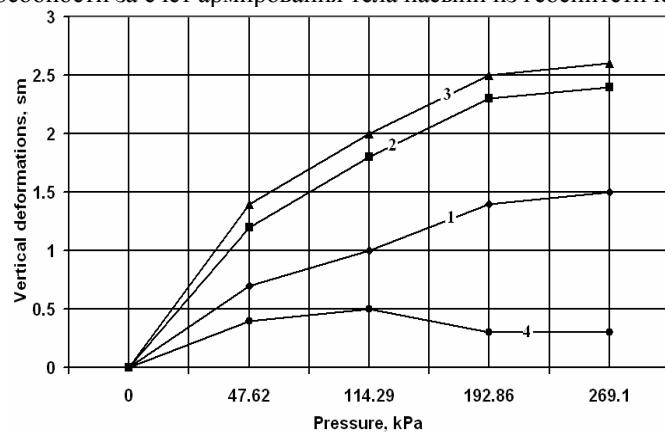


Рис. 2. Вертикальные деформации насыпи, усиленной георешеткой: 1,2,3,4-марки

Конструкции усиления, используемые при проведении испытаний моделей, позволили увеличить нагрузки без прогрессирующих разрушений моделей на 45%.

Параллельно с крупномасштабным моделированием в лабораторных условиях выполнено геотехническое моделирование тех же конструкций моделей методом конечных элементов с помощью современного программного комплекса «FEM models», разработанного геотехниками Санкт-Петербурга в НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект» под руководством профессора В.М. Улицкого. Для анализа существующих моделей промерзающих и оттаивающих грунтов использована математическая модель «Termoground» численного моделирования процесса промерзания, морозного пучения и оттаивания в годовом

цикле в пространственной постановке. Математическая модель «Termoground» разработана профессором Кудрявцевым С.А. и является составной частью программного комплекса «FEM models».

Численное математическое моделирование исследуемых эквивалентных сооружений проводились при той же последовательности нагружения и величинах, как при испытаниях в лотке, для моделей без усиления и усиленной конструкциями из геосинтетических материалов.

В процессе численного моделирования лабораторных испытаний насыпей на оттаивающих косогорных участках с сильнольдистым основание получены все промежуточные и конечные результаты работы конструкций на всех циклах нагружения. На рис. 4-5 показаны вертикальные и горизонтальные деформации насыпи с армированием.

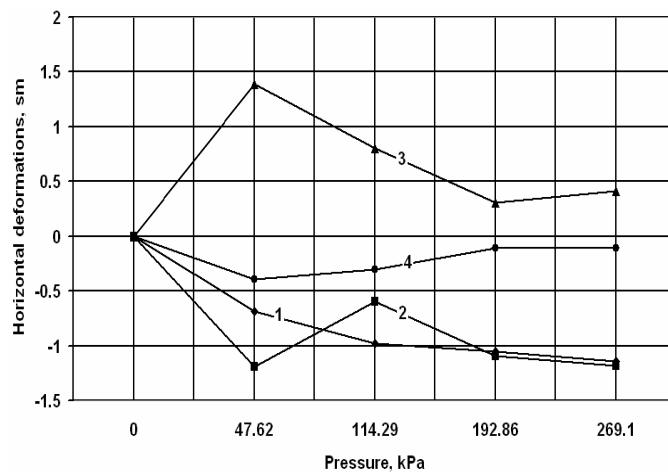


Рис. 3. Горизонтальные деформации насыпи, усиленной георешеткой: 1,2,3,4-марки

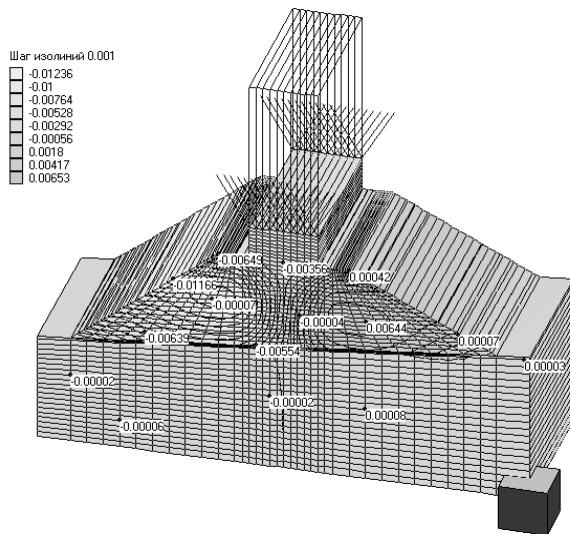


Рис. 4. Горизонтальные деформации насыпи с усилением

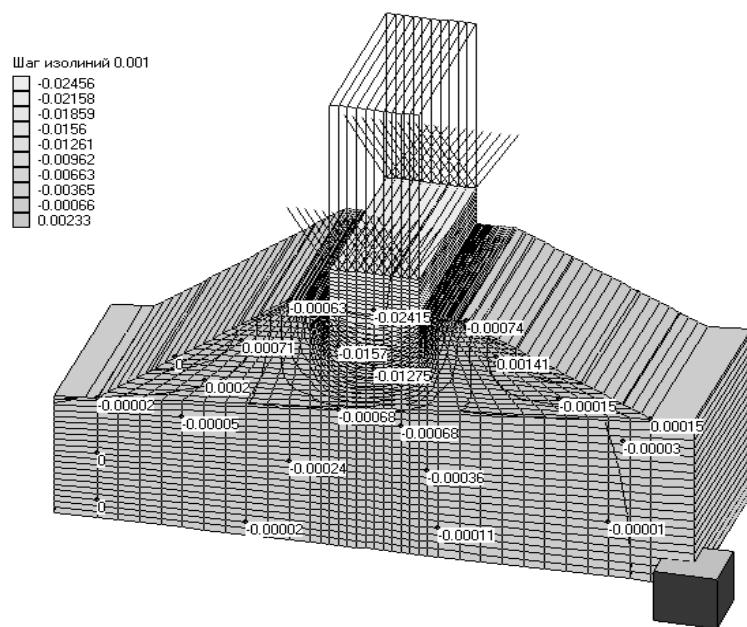


Рис. 5. Вертикальные деформации насыпи с усилением

Полученные качественные картины деформаций и их количественные показатели с достаточной степенью точности согласуется с результатами крупномасштабных лабораторных экспериментов, однако распределение деформаций при математическом моделировании представляется намного шире, чем в лабораторных экспериментах.

Как показали результаты крупномасштабных испытаний в лабораторных условиях, насыпи, усиленные конструкциями из геосинтетических материалов обеспечивают несущую способность на 45 % выше, чем не усиленные. Это позволяет говорить о высокой эффективности конструкций из силовых геосинтетических материалов и необходимости их рационального широкого использования в строительстве на оттаивающих косогорных участках.

При сопоставлении данных, полученных при крупномасштабных испытаниях и при геотехническом моделировании с помощью программного комплекса «FEM models» определено, что результаты практически не имеют расхождений. Поэтому для ответственных сооружений при проектировании для обоснования конструктивных решений целесообразно использовать данные методики.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kudryavtsev S.A., Berestyanay U.B., Valtseva T.U., Tsvigunov D.G., Chylichkov V.N. Rational designs of the railway roadbed of thawing permafrost soils in condition of the Far East. 8th International Symposium on Cold Region Development. ISCORD 2007, September 25-27, 2007. Tampere, Finland. 2007. P. 37-38.

ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕРХНЕГО ГОРИЗОНТА МЕРЗЛЫХ ТОЛЩ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА РАЗВЕДОЧНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Кузнецова И.Л., Иванова Н.В., Ривкин Ф.М.

ФГУП «Фундаментпроект», г.Москва

PRINCIPALS OF OIL-AND-GAS PROVINCES CLASSIFICATION BASED ON COMPLEXITY OF PERMAFROST CONDITIONS OF UPPER LEVEL OF FROZEN MASSES, PERFORMED FOR CONSTRUCTION OF EXPLORATORY AND DEVELOPMENT WELLS

Kuznetsova I.L., Ivanova N.V., Rivkin F.M.

FGUP (Federal State Unitary Enterprise) Fundamentproekt, Moscow

Criteria and complexity categories of permafrost conditions of upper 10 – 15 meters thickness frozen masses layer were revealed for choosing and placing sites of exploratory and development wells. Conditions complexity is considered as a complex of permafrost situation specific features which have negative effect on wells construction quality, their operational reliability and safety. Therefore conditions complexity turns to be a critical factor for generating constructional and process solutions during construction, operation and conservation of development wells. Small-scale permafrost classification of three oil-and-gas provinces – Zapadno-Sibirskoi (West-Siberian), Pechorskoi (Pechora), and Vostochno-Sibirskoi (East-Siberian) – was performed. Classification was based on rate of upper layer

permafrost conditions complexity. Complexity is considered from the universal position for the whole permafrost area. Small-scale permafrost classification maps were created.

Сложность взаимодействия разведочных и промысловых скважин нефтегазового комплекса с многолетнемерзлыми породами (ММП) общеизвестна и давно является предметом тщательного изучения. Наибольшее количество исследований этого взаимодействия проведено на газоконденсатных месторождениях севера Западной Сибири, введенных в эксплуатацию, - Уренгойском, Ямбургском, Заполярном, Медвежьем. В последние годы для территории Харасавейского конденсатного месторождения разработана типизация грунтовых толщ по сложности геокриологических условий для сооружения и эксплуатации скважин [5].

Выполнено мелкомасштабное районирование территорий трех нефтегазоносных провинций России – Печорской, Западно – Сибирской и Восточно – Сибирской по степени сложности геокриологических условий верхнего 10-15-метрового горизонта мерзлой толщи для выбора и размещения площадок разведочных и эксплуатационных скважин. Сложность условий рассматривается как комплекс факторов инженерно-геокриологической обстановки, неблагоприятно действующих на качество строительства скважин, их эксплуатационную надежность и безопасность. Сложность геокриологических условий является, таким образом, определяющим фактором для разработки конструктивных и технологических решений при сооружении, эксплуатации и консервации добывающих скважин.

Геокриологические условия нефтегазоносных провинций изменяются в зависимости от особенностей современной теплообеспеченности земной поверхности в широких пределах. Основным критерием в оценке их сложности является распространение многолетнемерзлых пород: с увеличением площади распространения ММП увеличивается и доля остальных параметров, определяющих сложность геокриологических условий, и соответственно увеличивается зависимость технологии строительства и эксплуатации скважин от мерзлотных условий.

Среднегодовая температура пород, отражающая степень суровости современного климата, определяет скорость восстановления температурного режима (скорость охлаждения) пород после бурения разведочной скважины или остановки эксплуатационной скважины на ремонтно-профилактические работы. Обратное промерзание пород (тем более быстрое, чем ниже была их температура в естественных условиях) сопровождается повышением давления в заколонном и межколонном пространствах, что может привести к деформациям сооружения.

Следующие по значимости параметры в иерархии сложности геокриологических условий связаны с потенциальной просадочностью пород верхнего горизонта, определяющей приустевые деформации поверхности, провалы и воронки, которые проявляются при оттаивании ММП вокруг скважин и могут приводить к потере устойчивости обсадных труб, их необратимым деформациям и авариям. Величины просадок поверхности зависят от состава и льдистости пород за счет включений сегрегационного льда (Ii) [3], наличия в разрезе мономинеральных залежей льда – пластового, повторно-жильного. Каждый из этих параметров является критерием для оценки сложности геокриологических условий.

Состав пород верхнего горизонта разреза учитывается в зависимости от их просадочных и водно-физических свойств и коррелируется с градациями льдистости за счет видимых включений сегрегационного льда.

Засоленность пород определяет их состояние, температуру замерзания, фазовый состав влаги, химические и физико-механические свойства и тем самым существенно осложняет условия строительства и эксплуатации скважин.

В поле распространения засоленных пород могут присутствовать криопэги – незамерзающие или сезонно-замерзающие высокоминерализованные воды, агрессивные к металлическим, бетонным и железобетонным конструкциям, препятствующие смерзанию конструкций с грунтом и существенно снижающие их несущую способность. Криопэги в верхних горизонтах ММП, как правило, обладают напором, величина которого может достигать 5-10 м.

Криогенные процессы и образования оказывают влияние на сложность инженерной подготовки территории к освоению, так как широкое их развитие требует большого объема мероприятий инженерной защиты. Многие криогенные образования (ПЖЛ, пластовые льды, бугры и гряды пучения) являются индикаторами наличия значительного количества льда в верхних горизонтах разрезов.

Для каждого из перечисленных параметров – критериев сложности геокриологических условий – выделяются четыре категории сложности: наиболее сложные, сложные, умеренно сложные и несложные (табл. 1.). Первые три категории охватывают условия с различным по площади распространением многолетнемерзлых пород (сплошным, прерывистым, островным), четвертая – преимущественного распространения талых пород, значительные массивы которых характерны для южных районов трех рассматриваемых нефтегазоносных провинций.

Таблица 1.

Критерии и категории сложности геокриологических условий верхнего горизонта мерзлой толщи

Критерии сложности	Категории сложности			
	наиболее сложные	сложные	умеренно сложные	несложные
Распространение ММП (%) площади)	>95	50–95	10–50	<10
Средняя годовая температура ММП (°C)	–5...–9	–2...–5	>–2	≥0
Льдистость пород (Ii)	>0,4	0,2–0,4	<0,2	<0,1
Макрольдистость за счет ПЖЛ (%)	>15	5–15	<5	–
Наличие пластовых льдов	установлены	возможны локально	–	–
Литологический состав	глинистые	песчано-глинистые	песчано-глинистые, песчаные	крупнообло-мочные, скальные
	местами перекрыты торфом			
Засоленность мерзлых пород [3]	сильнозасоленные	среднезасоленные	слабозасоленные	незасоленные
Присутствие криопэгов	установлены	возможны локально	–	–
Криогенные процессы и образования (% площади)	>50	30–50	5–30	<5

Выделение категорий сложности для конкретных геокриологических параметров проводилось исходя из:

- анализа существующих критериев оценки сложности этих параметров по отдельным регионам с учетом имеющегося фактического материала и согласно ГОСТ 25100-95[3];

- необходимости сохранения единого методического подхода к оценке сложности условий для трех, различающихся по диапазону геокриологических характеристик нефтегазоносных регионов.

Западно-Сибирская, Печорская и Восточно-Сибирская нефтегазоносные провинции существенно отличаются по площади, географическому положению и, в соответствии с этим, находятся в различных зонально-поясных геокриологических условиях [2].

Мелкомасштабное геокриологическое районирование трех нефтегазоносных провинций по верхнему горизонту мерзлой толщи проведено в масштабах 1:2500 000-1:3500 000. Основой для составления схематических карт районирования послужили геокриологические и инженерно-геологические мелкомасштабные карты (1:1500 000 – 3500 000) как опубликованные [1,2,5], так и находящиеся в фондах института и составленные при проектировании региональных объектов нефтегазового комплекса.

Районирование нефтегазоносных провинций проводилось по комплексу параметров, выбранных в качестве критериев для оценки сложности геокриологических условий строительства и эксплуатации промысловых скважин (табл.1).

Часть геокриологических характеристик (распространение ММП, их температура) формируется под влиянием зонально-поясных факторов природной обстановки; на другие – состав и льдистость отложений, наличие засоленных грунтов, криопэгов, пластовых льдов, характер развития криогенных процессов и т.д. – в большей степени воздействуют региональные факторы: геолого-тектонические, предопределяющие наличие определенных геолого-генетических комплексов пород и палеогеографические, связанные с особенностями накопления и промерзания отложений.

В результате перекрестного районирования территории по «зональным» и «региональным» геокриологическим характеристикам выделялись таксономические единицы, обладающие индивидуальным сочетанием геокриологических параметров – геокриологические районы. В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции выделено 26 районов, в Печорской-11, в Восточно-Сибирской -3 района.

Для всех районов методом экспертных оценок по сочетанию категорий сложности каждого геокриологического параметра, выделенного в качестве критерия (табл.1) определялась сложность геокриологических условий верхнего 10-15 метрового горизонта мерзлой толщи для строительства и эксплуатации промысловых скважин. Районы с наиболее сложными условиями (выделяемые только на севере

Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции) характеризуются сочетанием наиболее сложных категорий геокриологических параметров. Для этих районов свойственно присутствие в разрезах пластовых льдов, широкое развитие сильнольдистых грунтов и повторно-жильных льдов, низкие средние годовые температуры повсеместно присутствующих здесь ММП, распространение засоленных грунтов и криопэгов.

Сложными геокриологическими условиями характеризуются районы сплошного распространения ММП на севере Западно-Сибирской и Печорской нефтегазоносных провинций, в пределах которых остальные геокриологические характеристики могут иметь различное сочетание категорий сложности – от наиболее до умеренно-сложных. В этих районах не установлено наличия пластовых льдов, сильнольдистые грунты встречаются не повсеместно и зачастую приурочены только к верхним горизонтам разрезов, в подавляющем большинстве случаев отсутствуют засоленные грунты и криопэги.

Умеренно-сложными геокриологическими условиями характеризуются районы с несплошным распространением ММП Западно-Сибирской и Печорской нефтегазоносных провинций и северный район Восточно-Сибирской провинции со сплошным распространением ММП и близким залеганием коренных пород под маломощным чехлом перекрывающих рыхлых осадков. Многолетнемерзлые породы в районах их несплошного распространения приурочены в основном к торфяным массивам, реже (в северных частях этих территорий) к минеральным поверхностям с преобладанием слабольдистых грунтов в разрезах. Температуры ММП в районах с этой категорией сложности не ниже минус 2–3°C, а на значительных пространствах южных частей этих районов укладывается в диапазон 0 - минус 1°C. На севере этой группы районов в торфяных массивах присутствуют повторно-жильные льды разных стадий развития, южнее на торфяниках преобладают процессы термоэрозии и термокарста по ПЖЛ, на самом юге встречаются только бугристые торфяники, собственно ММП в пределах которых занимают не более половины их площади. Засоленные грунты могут быть встречены только в ареалах распространения неглубоко залегающих палеогеновых глин, к ним же могут быть приурочены льдистые бугристо-грядовые формы пучения (Западно-Сибирская провинция).

Несложными геокриологическими условиями характеризуются районы преимущественного распространения талых пород на юге трех нефтегазоносных провинций.

Мерзлые породы в этих районах составляют менее 10% площади и приурочены исключительно к массивам торфяников, а в Восточно-Сибирской провинции – к днищам глубоко врезанных речных долин или подножьям склонов северной экспозиции. Участки льдистых мерзлых пород локализованы, их температуры изменяются в диапазоне 0-минус 1°C (в Восточно-Сибирской провинции - до минус 1,5–2,0°C). Криогенные процессы приурочены к торфяникам.

На схематических картах сложность геокриологических условий отображается основным изобразительным средством – цветом. Принцип показа цветовой гаммы - семафорный: снижение сложности геокриологических условий сопровождается изменением цвета – от красного через оранжевый и желтый к зеленому. Приграничные территории районов нередко характеризуются различной сложностью геокриологических условий на отдельных участках за счет влияния региональных факторов. Это могут быть участки широкого развития торфяников или, наоборот, полного отсутствия льдистых и сильнольдистых отложений в разрезах. В таких случаях на картах на цветовом фоне категории сложности геокриологических условий, преобладающей по площади региона, цветной горизонтальной штриховкой показывается категория сложности, характерная для этих участков (дополнительная).

Мелкомасштабные схемы районирования позволяют отобразить на картах осредненную для каждого района категорию сложности геокриологических условий. Переход к более крупным масштабам исследований потребует детализации геокриологических условий по степени сложности в пределах каждого района.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Атлас Ямalo-Ненецкого автономного округа ГУП//«Омская картографическая фабрика», 2004. с.303.
2. Геокриологическая карта СССР масштаба 1:2500 000 /Гл. редактор Э.Д.Ершов/ Украина, Винница, Картпредприятие,1991.
3. ГОСТ 25.100-95 «Грунты. Классификация», М., Изд-во Стандартов, 1995, с.30.
4. Карта геокриологического районирования Западно-Сибирской равнины по верхнему горизонту мерзлой толщи. Масштаб 1:1500000./ Под редакцией В.В.Баулина./ Москва 1985.
- 5 Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал: В 3 т. Т.1. Криосфера Харасавэйского газоконденсатного месторождения./Под общ. ред. Ю.К.Васильчука, Г.В.Крылова, Е.Е.Подборного./ Тюмень: ООО «ТюменНИИгипрогаз»; СПб.: Недра, 2006. с. 346.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУР
ЗАМЕРЗАНИЯ И ФАЗОВОГО СОСТАВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОРОД**

Кулиш Е.М.¹, Минкин М.А.², Ривкин Ф.М.², Комаров И.А.¹

¹ Геологический факультет МГУ, г. Москва;

² ФГУП «Фундаментпроект», г. Москва.

**PERFECTION OF NORMATIVE BASE FOR THE DEFINITION OF FREEZING TEMPERATURES AND
PHASE STRUCTURE OF THE SALINIZED ROCKS**

Kulish E.M.¹, Minkin M.A.², Rivkin F.M.², Komarov I.A.¹

¹ MSU, Moscow

² FGUP «FUNDAMENTPROEKT», Moscow

The modern normative base for the definition of temperatures and phase structure of the salinized rocks allows us to predict these parameters well in the case of rather poorly salinized rocks of marine genesis. During the comparison of the experimental and modeling data that has been obtained using various techniques, the applicability limits of the existing normative base are shown, and the problem for the development of new base is formulated.

Проблема совершенствования нормативной базы по оценке температуры замерзания и фазового состава воды в засоленных грунтах является актуальной в связи с интенсивным хозяйственным освоением территорий шельфа и приморских низменностей, для которых характерен морской тип засоления, а также районов криолитозоны с континентальным типом засоления. Территории вблизи промышленных объектов, могут подвергнуться также и техногенному засолению.

В настоящее время в нормативной литературе предлагается определять температуру начала замерзания (T_{bf}) для всех видов грунтов опытным путем, а при отсутствии экспериментальных данных по нормативной литературе учитывая концентрацию порового раствора [1]. В то же время не учитывается зависимость величины T_{bf} от химического состава порового раствора, который даже для пород морского типа засоления может меняться [2]. В табл. 1 приведены результаты сопоставления нормативных расчетных данных по T_{bf} с экспериментальными, полученными в работах [3,4] для образцов супесчаных и суглинистых пород, у которых химический состав порового раствора соответствует либо морской соли с ионным составом, приведенным в табл. 2, либо – водному раствору $NaCl$ и Na_2SO_4 . Анализ табл. 1 показывает, что при малых значениях концентрации порового раствора, засоленного $NaCl$ или с его преобладанием (морская соль), в суглинистых грунтах расчетные нормативные данные, близки к экспериментальным значениям. С увеличением концентрации порового раствора погрешность сильно возрастает. В песчаных породах наблюдается аналогичная картина, но погрешность по абсолютной величине меньше. Когда в составе порового раствора ощутимо увеличивается доля сульфатов, как это может иметь место в породах с континентальным типом засоления, погрешность существенно возрастает. Если для полиминеральных глин погрешность расчетных и экспериментальных данных не превышает по абсолютной величине 12%, то в случае преобладания в них монтмориллонита или каолинита она возрастает.

Таким образом, с помощью существующих нормативных документов можно удовлетворительно оценивать температуру начала замерзания для супесчаных и суглинистых (полиминерального состава) грунтов только для малых величин засоленности. В силу этого представляется целесообразным создание новых, более развернутых, нормативных документов, или внедрение соответствующего программного продукта.

Такой расчетной программой является «FREZCHEM-2» [5] позволяет моделировать поведение вводно-солевых систем в области отрицательных температур, т.е. рассчитать химическое равновесие между водными растворами электролитов, льдом и солями, находящимися в свободном объеме. Она была нами адаптирована применительно к засоленным грунтам, позволяя количественно оценивать наряду с T_{bf} , также изменение ионного, солевого и фазового состава порового раствора в интересующем диапазоне температур. Результаты сопоставления экспериментальных и расчетных данных, приведенные в таблице 1 указывают на их удовлетворительную сходимость.

Ионный состав поровых растворов в зависимости от генезиса и возраста может претерпевать ощутимые изменения, поэтому для сравнения с расчетными данными было проведено экспериментальное исследование образцов кварцевого мелкозернистого песка и каолинитовой пылеватой глины засоленных комбинациями солей $NaCl$ и KCl , $NaCl$ и $CaCl_2$, и $NaCl$ и $MgSO_4$ различной концентрации (табл. 3). Для образцов песка и глин погрешность расчета не превышает 11–12%, в то время как по СНиП 2.02.04-88 она может достигать 90% и более.

Сопоставление нормативных значений температур начала замерзания с расчетными для случаев с разным исходным ионным составом морской воды, который выбирался по данным различных авторов: К.Э. Гиттермана [6]; К.Н. Nelson., Т.Г. Thompson [7]; С.М. Фотиева для Карского моря [8] и справочным данным [9,10], указывает на более низкие значения нормативных значений температуры начала замерзания в среднем на 30%.

Таблица 1. Сопоставление экспериментальных [3,4], нормативных [1] и расчетных данных по температуре начала замерзания грунта

№	Наименование грунтов по классификации В.В. Охотина	Соль	Концентрация порового раствора Cps, д.е.	T _{bf} , °C (эксперим.)	T _{bf} , °C (СНиП)	T _{bf} , °C FREZCHEM2
1	Суглинок тяжелый пылеватый	NaCl	0,007	-0,4	-0,8	-0,4
2			0,011	-1,2	-1,2	-0,9
3			0,015	-1,3	-1,5	-1,1
4			0,016	-1,7	-1,5	-1,2
5			0,032	-3,0	-2,6	-2,1
7		морская соль	0,007	-0,5	-0,8	-0,4
8			0,016	-1,5	-1,5	-1,2
9			0,032	-2,6	-2,6	-2,1
10			0,048	-2,7		-3
11			0,063	-3,4		-3,8
12		Na ₂ SO ₄	0,016	-0,5	-1,5	-0,5
13			0,032	-0,8	-2,6	-0,7
14			0,048	-1,1		-1,0
15			0,063	-1,6		-1,1
16	Глина тяжелая	NaCl	0,004	-0,8	-0,5	-0,5
17			0,005	-0,9	-0,6	-0,6
18			0,007	-1,0	-0,8	-0,7
19			0,010	-1,4	-1,1	-0,8
20			0,014	-1,9	-1,4	-1,1
21			0,016	-2,4	-1,5	-1,2
22		морская соль	0,016	-1,5	-1,5	-1,2
23			0,032	-1,7	-2,6	-2,1
24			0,048	-2,5		-3,0
26	Глина пылеватая	NaCl	0,016	-1,1	-1,5	-1,2
27			0,022	-1,6	-1,9	-1,5
28			0,024	-1,9	-2,1	-1,6
29	Песок тонко-мелкозернистый (по класс. Е.М.Сергеева)	морская соль	0,010	-0,6	-0,8	-0,6
30			0,012	-0,7	-1,0	-0,7
31			0,024	-1,3	-1,8	-1,5
32			0,029	-1,6	-2,1	-1,7
33			0,051	-2,5		-3,0
34			0,055	-3,2		-3,2
35		NaCl	0,010	-0,6	-0,8	-0,1
36			0,025	-1,5	-1,8	-0,1
37			0,026	-1,6	-2,0	-1,6
38			0,048	-2,8		-2,8
39			0,064	-4,0		-3,8
40			0,093	-6,0		-5,5
42		Na ₂ SO ₄	0,021	-0,3	-1,7	-0,4
43			0,024	-0,4	-1,8	-0,4
44			0,048	-0,6		-0,8
45			0,062	-0,8		-0,9
46			0,084	-1,5		-1,2
47			0,088	-1,2		-1,2

Таблица 2. Ионный состав морской соли, мэ/100г

Ионы	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₂	Ca	Mg	Na	K
Концентрация	0,20	0,40	227,2	1127,9	0,05	14,7	198,5	1141,3	1,23

Применительно к криопэгам минерализация которых может достигать значений 250 г/л и более нормативные показатели вообще отсутствуют. В докладе представлены результаты обработки данных по ионному составу 47 проб криопэгов, отобранных на периодически затапливаемых лайдах, поймах и высоких морских террасах п-ова Ямал и сведенных в работе [8] на основании данных Л.Н. Крицук, И.Д. Стрелецкой и др. Используя эти данные, с помощью указанной методики были рассчитаны температуры начала замерзания, содержание льда и жидкой фазы, ионно-солевой состав, плотность раствора, РН и ряд термодинамических характеристик для криопэгов. Моделирование процесса их промерзания показало, что процесс может сопровождаться выпадением в твердую фазу минералов (солей): мирабилита, кальцита, гипса, доломита и др.

Таблица 3. Сопоставление экспериментальных данных, полученных криоскопическим методом, и расчетных значений температуры начала замерзания T_{bf} для поровых растворов различного ионного состава и концентрации в песке и глине

Ионный состав порового раствора, моль/кг						Концентрация, г/литр	Величина температуры начала замерзания T_{bf} , °C			Ошибка по сравнению с экспериментом, %	
Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		Экспериментальные данные	СНиП	Расчетные значения	СНиП	Расчетные значения
Песок тонко-мелкозернистый (по классификации Е.М.Сергеева)											
0,30	0,24	-	-	0,54	-	35	-1,9	-2,5	-1,8	32	5
0,60	0,47	-	-	1,07	-	70	-3,9	-	-3,6	-	8
0,86	0,67	-	-	1,53	-	100	-5,5	-	-5,1	-	7
0,30	-	-	0,16	0,62	-	35	-1,9	-2,5	-1,9	32	0
0,60	-	-	0,32	1,24	-	70	-3,8	-	-3,8	-	0
0,86	-	-	0,46	1,77	-	100	-5,8	-	-5,6	-	3
0,30	-	0,15	-	0,30	0,15	35	-1,3	-2,5	-1,4	92	7
0,60	-	0,29	-	0,60	0,29	70	-2,5	-	-2,8	-	11
0,86	-	0,42	-	0,86	0,42	100	-3,8	-	-3,8	-	0
Глина пылеватая (по классификации В.В. Охотина)											
0,30	0,24	-	-	0,54	-	35	-2,2	-2,85	-2,0	30	9
0,60	0,47	-	-	1,07	-	70	-4,2	-	-3,8	-	10
0,86	0,67	-	-	1,53	-	100	-6,0	-	-5,3	-	12
0,54	0,05	-	-	0,59	-	35	-2,5	-2,85	-2,2	14	12
1,08	0,10	-	-	1,18	-	70	-4,5	-	-4,2	-	7
1,54	0,13	-	-	1,67	-	100	-6,5	-	-6,0	-	8
0,30	-	-	0,16	0,62	-	35	-2,1	-2,85	-2,1	36	0
0,60	-	-	0,32	1,24	-	70	-3,7	-	-4,0	-	8
0,54	-	-	0,03	0,60	-	35	-2,4	-2,85	-2,2	19	8
1,08	-	-	0,06	1,20	-	70	-4,6	-	-4,2	-	9
1,54	-	-	0,09	1,72	-	100	-6,0	-	-6,1	-	2
0,30	-	0,15	-	0,30	0,15	35	-1,6	-2,85	-1,6	78	0
0,86	-	0,42	-	0,86	0,42	100	-4,0	-	-4,0	-	0
1,08	-	0,06	-	1,08	0,06	70	-4,6	-	-4,1	-	11
1,54	-	0,08	-	1,54	0,08	100	-5,8	-	-5,2	-	10

Таким образом, используемые в настоящее время нормы СНиП 2.02.04-88 позволяют оценивать величину температуры начала замерзания с приемлемой погрешностью только для относительно небольших концентраций порового раствора пород с морским типом засоления. При увеличении концентрации и изменении ионного состава порового раствора ошибка может существенно возрастать. Для

удовлетворительного прогноза величины температуры начала замерзания, а также фазового состава влаги в засоленных породах и криопэгах представляется целесообразным создание либо новых нормативных документов, либо использование программного продукта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. М., ИИТП Госстроя СССР, 1990. с.56.
2. Волков Н.Г., Комаров И.А., Мироненко М.В., Фотиев С.М. Методики оценки температуры формирования ионно-солевого состава криопэгов // Криосфера Земли, 2005, т. IX, № 4, с. 54–61.
3. Велли Ю.Я., Гришин П.А. О функциональной зависимости температуры замерзания от состава воднорастворимых солей в поровом растворе // Реология грунтов и инженерное мерзлотоведение. М.: Наука, 1982. с. 193-196.
4. Комаров И.А. Термодинамика и тепломассообмен в дисперсных мерзлых породах. М.: Научный мир, 2003, с.608.
5. Mironenko M.V., Grant S.A., Marion G.M., Farren R.E. FREZCHEM2, A Chemical Thermodynamyc Model for Electrolyte Solutions at Subzero Temperatures // October, 1997. 40 p.
6. Гиттерман К.Э. Термический анализ морской воды (концентрирование соляных растворов естественным вымораживанием) // Тр. Соляной лаб. АН СССР. М., Изд-во АН СССР, 1937, вып. 15, ч. 1, с. 5-24.
7. Nelson K.H., Thompson T.G. Deposition of salts from sea water by frigid concentration. Journal of Marine Research, 13 (2), 1954, p. 166–182.
8. Фотиев С.М. Закономерности формирования ионно-солевого состава природных вод Ямала // Криосфера Земли, 1999, т. III, № 2, с. 40–65.
9. Справочник химика. Том.3. М.: Химия, 1964, с.1004.
10. Справочник по физическим величинам. М.: Энергоиздат, 1991, с.1232.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОР ТРУБОПРОВОДОВ ОБВЯЗКИ ГАЗОВЫХ И НЕФТЯНЫХ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Кутвицкая Н.Б., Рязанов А.В., Дашков А.Г.
ФГУП «Фундаментпроект»

GAS AND OIL WELLS PIPELINES HOOKUP BEARINGS SUSTAINABILITY PROVISION IN THE PERMAFROST CONDITIONS

Kutvitskaya N.B., Ryazanov A.V., Daschkov A.G.
FGUP (Federal State Unitary Enterprise) Fundamentproekt, Moscow

The serious problem of gas and oil wells operation in a region of perennial frozen soils is in the forming a frost and thaw bulb around a hole. Creation of wellhead craters happens because of the soil surface lowering. The heat insulation of the frozen soils around the wells not always leads to the disturbance of the wells sustainability, but the loss of pipeline hookup system bearings sustainability of the gas and oil wells takes place everywhere. Practice shows, that even when temperature of the extractive product at the well mouth is +10...+15 °C, the wellhead crater with 2-4 m radius appears in the first 2-3 years. The pile bearings that are set in the area of the wellhead crater are lowering down up to 30-50 cm annually.

Gradual heat insulation of permafrost soils and the increase of a depth of an active layer are following by the decreasing of their bearing capacity and the deformation of the pile bearings by the frost heave are developing beyond the bounds of the wellhead craters. In the following 20-25 years of exploration, the radius of the wellhead craters increases up to 10-20 m.

It turns to the situation, when the sections of the pipeline hookup system hang down over the plug valve units of the wells leading to depressurizing of joints on the flanges that is already the emergency situation.

With taking into account the actuality of the sustainability providing problem of the pipeline bearings for the of gas and oil wells hookup system, the professionals of FSUE “Fundamentproekt” have developed and tested the arrangements concerning thermo-stabilization of the designing position of the pipeline hookup system.

Серьезной проблемой, связанной с эксплуатацией газовых и нефтяных скважин в районах распространения вечномерзлых грунтов, является формирование ореолов растепления и оттаивания мерзлых грунтов вокруг стволов скважин. Вследствие осадки оттаивающих вечномерзлых грунтов (ВМГ) происходит образование приустьевых воронок. Растепление мерзлых грунтов вокруг скважин не всегда приводит к нарушению устойчивости самих скважин. Зато повсеместно наблюдается потеря устойчивости опор трубопроводов обвязок добывающих скважин. Как показывает практика, даже при температуре добываемого продукта на устье скважины, равной +10...+15°C, уже в первые 2-3 года формируется приустьевая воронка радиусом 2-4 м. Свайные опоры трубопроводов обвязок, попадающие в область формирования воронки, подвергаются осадкам в 30-50 см ежегодно. За пределами воронок происходит постепенное растепление ВМГ и увеличение глубины сезонного промерзания-оттаивания грунтов, сопровождающееся снижением их несущей

способности, развитием деформаций осадок и пучения свайных опор. В последующие годы эксплуатации радиус воронок увеличивается, достигая к 20–25-му году 10–20 м. На практике это выливается в то, что значительные участки трубопроводов обвязок повисают на крановых узлах скважин, приводя к разгерметизации соединений на фланцах, что само по себе уже является аварийной ситуацией.

Принимая во внимание актуальность проблемы обеспечения устойчивости опор трубопроводов обвязок добывающих скважин, специалистами ФГУП «Фундаментпроект» разработаны и опробованы мероприятия по стабилизации проектного положения трубопроводов обвязок.

Расчет размеров ореолов оттаивания вокруг скважин

Основным параметром, характеризующим размер оттаивающегося вокруг добывающей скважины грунтового массива, является радиус ореола оттаивания.

Характер формирования ореолов оттаивания большей частью зависит от таких факторов, как климатические условия района, мерзлотно-грунтовая обстановка на участке размещения скважины и температура добываемого продукта.

Для разработки технических мероприятий стабилизации проектного положения газопроводов обвязок проведена серия теплотехнических расчетов ореолов оттаивания вокруг добывающей скважины с использованием разработанной в институте "Фундаментпроект" базовой программы PROGNOZ (РСН 67-87) и ее модификации PROGISTO. Как показали расчеты, вокруг добывающей скважины, находящейся в климатических условиях Западной Сибири (среднегодовая температура воздуха составляет минус $-7,5^{\circ}\text{C}$), за 20-летний период эксплуатации, при температурах добываемого продукта от плюс 10 до плюс 42°C радиус оттаивания составляет от 6,5 до 12,8 м (рис. 1).

По результатам расчетов видно, что трубопроводы обвязки в течение периода эксплуатации потеряют свою опору на участке длинной минимум от 13 до 25,6 м, что с учетом веса трубопроводов будет являться причиной формирования недопустимых напряжений в узлах соединения трубопроводов со скважиной.

Описание технического решения

Анализ возможных вариантов технических решений по стабилизации трубопроводов обвязки добывающих скважин показал, что оптимальным по технико-экономическим показателям способом является фиксация трубопроводов посредством длиннопролетной конструкции, установленной на свайных опорах, удаленных на определенное расстояние от скважины, где будет обеспечиваться стабильность грунтов оснований в течение всего срока эксплуатации. По условиям обеспечения необходимой несущей способности вечномерзлых грунтов оснований свайных опор, безопасное для установки опоры расстояние от скважины составляет величину, превышающую на 3 м расчетный радиус оттаивания. Таким образом, при температуре добываемого продукта, равного плюс 10°C , общая длина длиннопролетной поддерживающей конструкции составит 19 м, а при температуре продукта плюс 42°C – 31,6 м.

При длине 19–31,6 м длиннопролетная конструкция характеризуется большой металлоемкостью и громоздкостью, что делает применение данного технического решения непрактичным. В целях уменьшения ее размеров и металлоемкости выполнена проработка возможности уменьшения длины пролета путем обеспечения устойчивости свайных опор в пределах прогнозируемого ореола оттаивания за счет сохранения мерзлого состояния и несущей способности грунтов оснований (рис. 2).

Несущая способность грунтов оснований свайных опор обеспечивается за счет поддержания грунтов в мерзлом состоянии с помощью парожидкостных СОУ (сезоннодействующих охлаждающих установок).

Очевидно, что чем ближе к источнику тепла (к добывающей скважине) располагается свайная опора, тем большее количество холода (большее количество СОУ) потребуется для сохранения мерзлого состояния грунтового массива в основании опоры и обеспечения ее несущей способности. Кроме того, поскольку СОУ способны охлаждать грунты только в период отрицательных температур воздуха, а добывающая скважина выделяет тепло круглый год, обеспечить сохранность мерзлого грунтового массива в течение всего периода эксплуатации с помощью оптимального количества СОУ возможно только начиная с некоторого (эффективного) расстояния от ствола скважины.

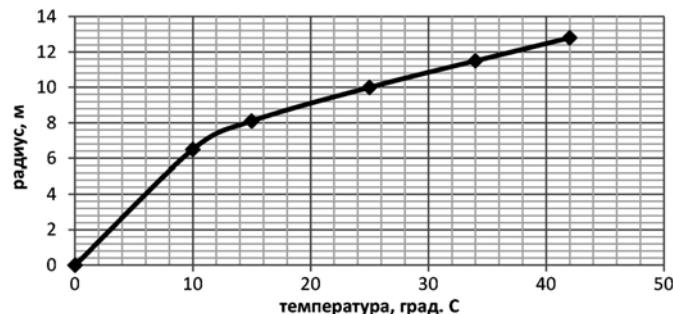


Рис. 1. График изменения расчетного радиуса оттаивания вокруг скважины по состоянию на 20-й год эксплуатации в зависимости от температуры добываемого продукта.

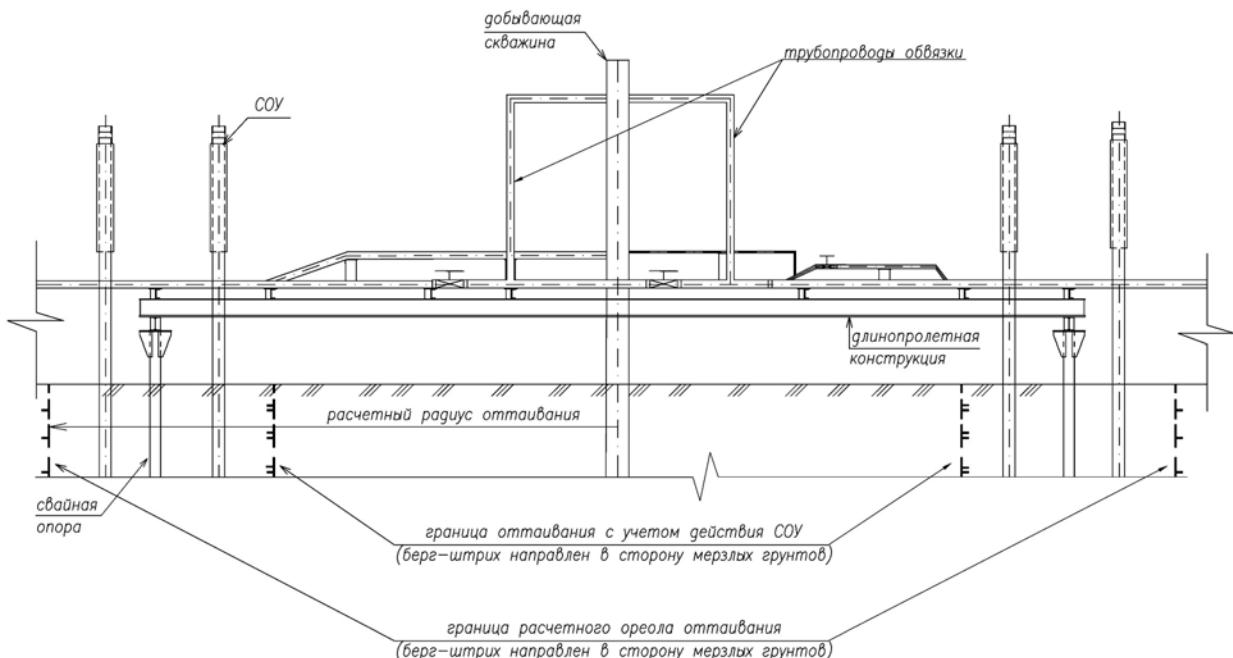


Рис. 2. Длиннопролетная конструкция на свайных опорах с СОУ, размещаемых в пределах расчетного радиуса оттаивания грунтов вокруг добывающей скважины, в грунтах.

Оптимальное количество СОУ, оцениваемое по ряду технико-экономических параметров (возможность компактного размещения всех СОУ у опоры с точки зрения обеспечения доступа к скважине обслуживающей ее техники, стоимость применения СОУ в сравнении с уменьшением стоимости длиннопролетной конструкции в связи с возможным уменьшением ее длины и металлоемкости и т.д.), составляет 6–8 шт. на одну опору. В соответствии с теплотехническими расчетами, при количестве СОУ меньше 6 шт. на одну опору не обеспечивается необходимое многолетнее мерзлое состояние грунтов в основании опоры. При использовании СОУ в количестве более 8 шт. на одну опору увеличение стоимости технического решения за счет применения охлаждающих установок не компенсируется снижением стоимости технического решения за счет уменьшения длины длиннопролетной конструкции.

Эффективное расстояние от скважины определено по результатам теплотехнических расчетов в трехмерной постановке с учетом влияния на грунтовый массив постоянного теплового источника (добычающей скважина), периодического (сезонного) источника холода (охлаждающие установки), а также помесячно изменяющейся температуры атмосферного воздуха и теплоизолирующего влияния снежного покрова. Расчетное эффективное расстояние в зависимости от температуры скважины при оптимальном количестве СОУ у одной опоры, равном 6 шт., составляет от 2 м для скважины с температурой плюс 10°C до 8 м для скважины с температурой плюс 42°C (рис. 3). При установке у каждой опоры термостабилизаторов в количестве 8 шт расчетное эффективное расстояние от скважины сократится на 1 м и составит от 3,5 м при температуре скважины плюс 25°C до 7 м при плюс 42°C.

Практическая реализация технического решения

Рассматриваемое техническое решение по обеспечению устойчивости опор обвязок добывающих скважин было реализовано на одном из газовых месторождений Крайнего Севера в Западной Сибири.

Температура газовой добывающей скважины составляла плюс 15°C. Ситуация осложнялась тем, что к моменту реализации технического решения скважина в течение 5 лет находилась в эксплуатации, что привело к значительному растеплению грунтов вокруг скважины и формированию ореола оттаивания радиусом 3–4 м. За пределами существующего радиуса оттаивания, на расстоянии 6–7 м от газовой скважины, по данным термометрических наблюдений температура грунтов на глубине заложения свай свайных опор (порядка 7 м) составляла минус 0,5°C (по состоянию на конец летнего периода).

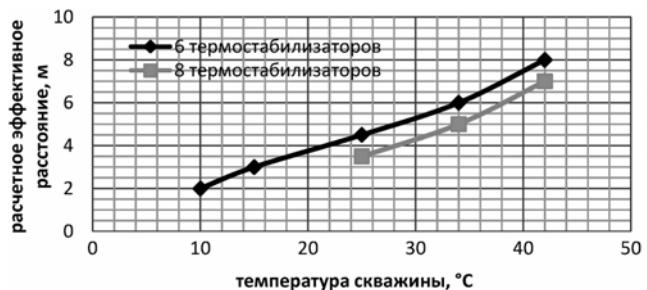


Рис. 3. Изменение эффективного расстояния от добывающей скважины и оптимального количества СОУ в зависимости от температуры скважины.

С учетом сложившейся ситуации длиннопролетная конструкция устанавливалась на свайные опоры, удаленные на расстояние 6 м от добывающей скважины. Таким образом, общая длина длиннопролетной конструкции составила порядка 12 м. Сохранность грунтов оснований свайных опор обеспечивалась установкой возле каждой из опор СОУ в количестве 6 шт производства ФГУП «Фундаментпроект» (рис. 7). Количество и расстановка СОУ подбиралась исходя из условия создания и сохранения в течение эксплуатационного периода мерзлого массива грунтов вокруг свайных опор с температурой не выше минус 1,2°C на глубине заложения свай.

В результате последующих наблюдений за объектом зафиксировано следующее. Температуры грунтов вокруг свайных опор за счет функционирования СОУ существенно понизились. По окончании первого зимнего цикла работы СОУ температуры грунтов на глубине заложения свай опор (7 м) достигли -2,3 – -6,5°C, что обеспечило сохранность мерзлого грунтового массива у свайных опор до конца летнего периода, в течение которого СОУ не функционировали. Температуры грунтов в мерзлом массиве на глубине 7 м перед началом следующего зимнего периода составили -1,4 – -2,3°C.

Таким образом, основные расчетные параметры ореолов оттаивания вокруг добывающих скважин, а также мерзлых массивов грунтов у свайных опор хорошо соотносятся с результатами, получаемыми на практике при реализации данного технического решения. Сохранность грунтов оснований опор в мерзлом состоянии, а значит и устойчивость самой длиннопролетной конструкции обеспечивается.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛУБИННЫХ СЕЗОННОДЕЙСТВУЮЩИХ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Марамыгина М.С., Долгих Г.М., Окунев С.Н.
ООО НПО «Фундаментстройаркос».

EXPERIENCE OF DEEP SEASONALLY WORKING COOLING DEVICES APPLICATION

Maramygina M.S., Dolgikh G.M., Okunev S.N.
Scientific Production Company "Fundamentstroiarcos"

One of the SPC "Fundamentstroiarcos" focus area is the development and application of deep seasonally working cooling systems (SCS). Deep SCS are meant for the frozen ground temperature stabilization up to the depth of 100m. Nowadays, one-tube, multtube and collector deep SCS are developed and applied.

Одним из направлений работы НПО «Фундаментстройаркос» является разработка и применение глубинных сезоннодействующих охлаждающих систем (СОУ). Глубинные СОУ предназначены для температурной стабилизации или замораживания грунтов до 100 м. Применяются такие устройства при замораживании грунтов основания плотин и приустьевых зон нефтегазодобывающих скважин.

К настоящему времени разработаны и применяются однотрубные, многотрубные и коллекторные глубинные СОУ.

Двухтрубные СОУ состоят из двух термостабилизаторов марки ТК32/Л и применяются до глубины 20 м. Конструкция двухтрубных металлических СОУ показана на рис. 1. За счет применения комбинированной схемы распределения хладагента производится равномерное замораживание грунтов по глубине подземной части термостабилизаторов.

Двухтрубные СОУ установлены на плотине буферной емкости и плотине хвостохранилища Нюрбинского ГОКа. Значения температур грунтов, приведенные на рис. 2 и 3, показывают, что производится равномерное замораживание грунтов по глубине СОУ. Таким образом, двухтрубные СОУ надежно обеспечивают низкотемпературный режим грунтов плотин.

Многотрубные СОУ (МСОУ) применяются до глубины 50 м и устанавливаются в скважину диаметром 200–300 мм (рис. 4).

Замораживание грунтов в МСОУ производится путем размещения активной (рабочей) зоны термостабилизаторов на разных высотах. Таким образом, производится замораживание грунтов по всей глубине скважины. Двухтрубные и многотрубные СОУ могут поставляться на объект как полной заводской готовности, так и монтироваться и заправляться на объекте из составных частей. Многотрубные СОУ применены для замораживания грунтов левой части плотины на р.Ирелях.

Однотрубные СОУ (рис. 5) состоят из надземной и подземной частей, которые изготавливаются в заводских условиях и монтируются на участке их установки. Монтаж подземной части производится с применением передвижной сварочной установки МД-102П с компьютерным контролем качества сварных соединений. После монтажа СОУ производится проверка на герметичность и заправка углекислотой. Среди достоинств однотрубных СОУ следует отметить малый диаметр бурения, глубина замораживания до 100 м и при дополнительной установке вентиляй – возможность подключения холодильной машины для замораживания грунтов в летний период.

Однотрубные СОУ с глубиной подземной части 40, 50 и 80 м установлены на правой части плотины р. Ирелях.

Замораживающая система на плотине р.Ирелях смонтирована в период с 2002 г. по 2004 г. и состоит из однотрубных СОУ в количестве: 189 шт. – СОУ 50/40; 1 шт. – СОУ 100/80; 1 шт. – СОУ 50/50, и 29 скважин с многотрубными СОУ глубиной 40 м. Общее количество составляет 220 охлаждающих устройств.

За период работы многотрубных и однотрубных СОУ на плотине р. Ирелях с 2003 по 2007 гг. произошло замораживание грунтов плотины на участках где фильтрация воды не превышает проектных значений. Работа охлаждающих устройств за зимний период 2006-2007 гг. показана на рис. 6. Как видно из графика, несмотря на наличие фильтрации воды через тело плотины, постепенно происходит дальнейшее замораживание грунтов. Практически все тело плотины находится в мерзлом состоянии, что обеспечивает её устойчивость. Основные фильтрационные потоки находятся ниже тела плотины.

Коллекторные СОУ предназначены для интенсификации замораживания грунтов за счет применения аппарата воздушного охлаждения (АВО), а также для применения централизованной холодильной машины для замораживания грунтов в летнее время.

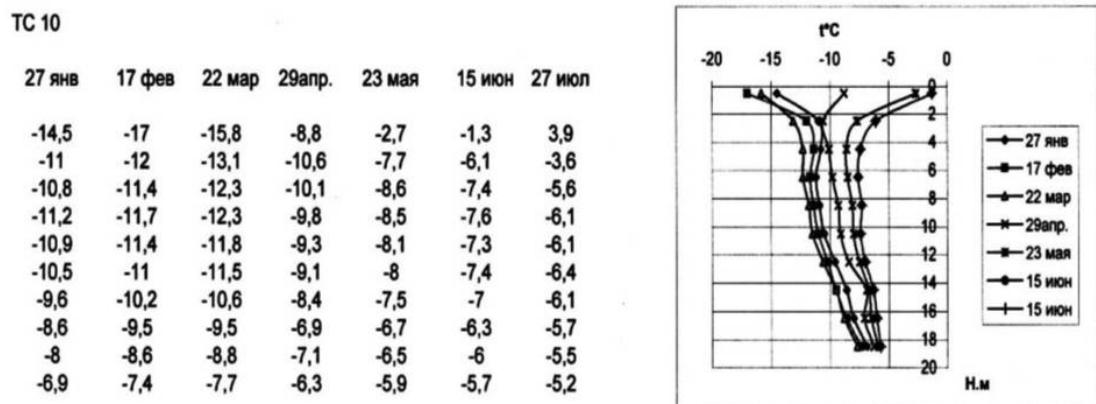


Рис. 2. Температура грунтов на плотине буферного водохранилища по скв. ТС-10.

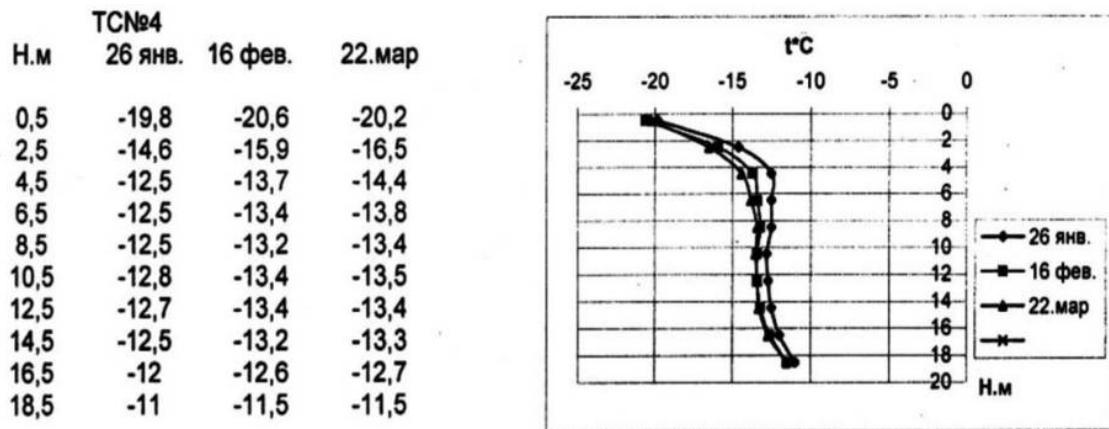


Рис. 3. Температура грунтов плотины хвостохранилища по скв. ТС-4.

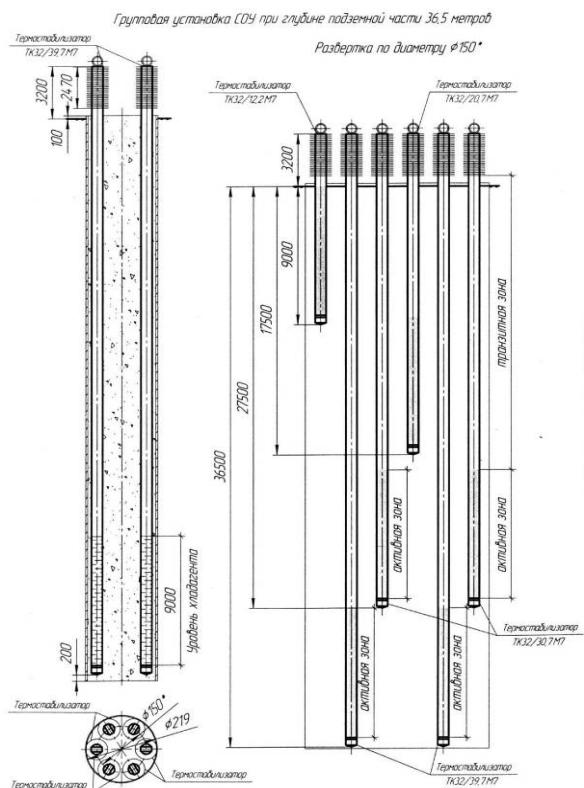


Рис. 4. Многотрубные СОУ конструкции НПО «Фундаментстройаркос».

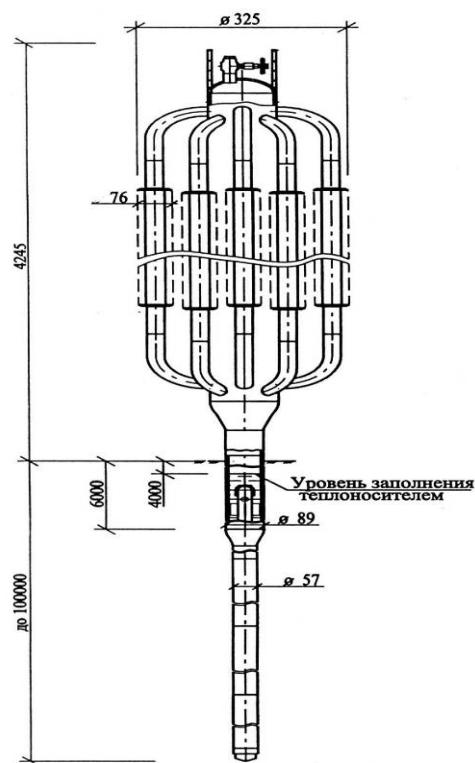


Рис. 5. Однотрубные СОУ конструкции НПО «Фундаментстройаркос».

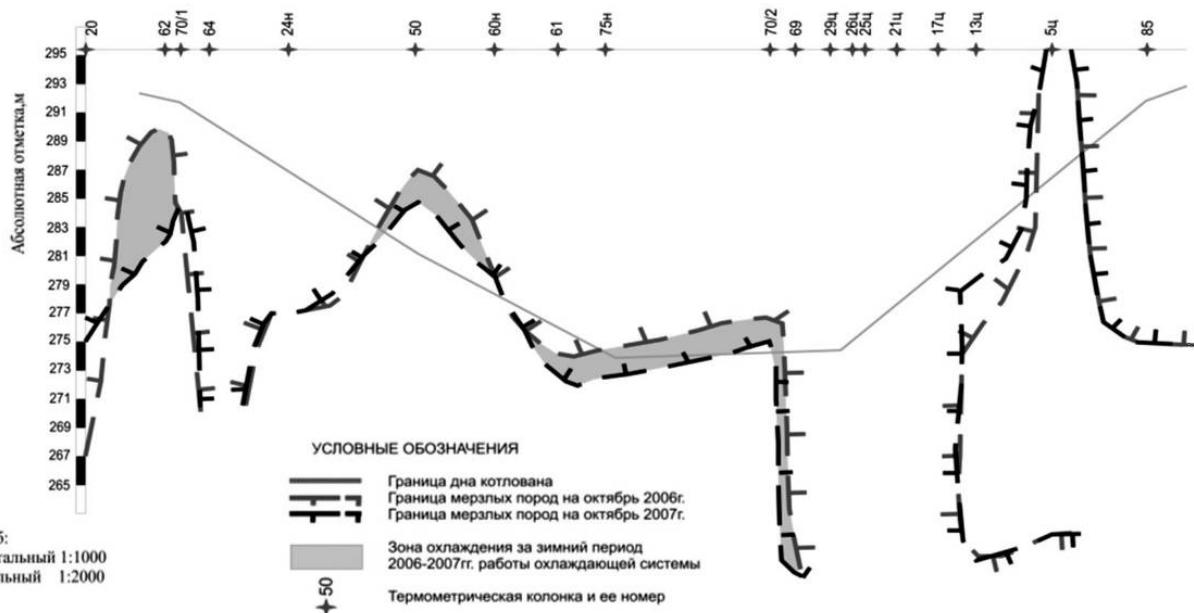


Рис. 6. Динамика области промерзания на плотине р.Ирелях за зимний период 2006-2007 гг.

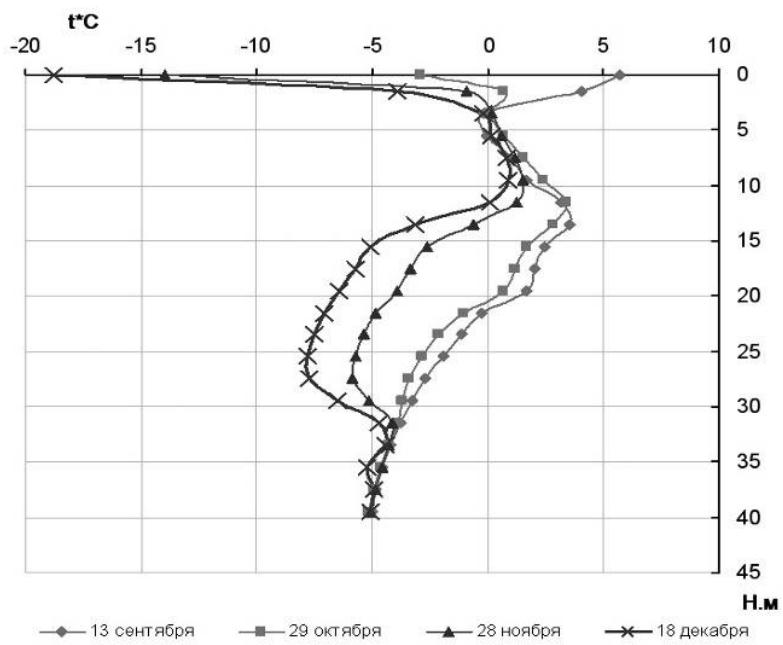


Рис. 8. Изменение температуры грунтов за два месяца работы коллекторной СОУ (участок установки ТОВ длиной 30 м) на плотине р. Лиендорф.

Таблица 1. Температура на стенке ТОВ, замеренная при включенных вентиляторах.

№ СТС	Дата замеров	Температура наружного воздуха, °C	Ветер	Температура на ТОВ, °C	Температурный коэффициент полезного действия
1	12.12.2007	-35	С, 1м/с	-	-
2	12.12.2007	-35	С, 1м/с	-26,7	0,8
3	12.12.2007	-35	С, 1м/с	-25,9	0,7
4	12.12.2007	-35	С, 1м/с	-27,4	0,8
5	12.12.2007	-35	С, 1м/с	-22,2	0,7

Таблица 2. Температура на стенке ТОВ, замеренная при выключенных вентиляторах.

№ СТС	Дата замеров	Температура наружного воздуха, °C	Ветер	Температура на ТОВ, °C	Температурный коэффициент полезного действия
1	14.12.2007	-39,6	С-В, 2м/с	-	-
2	14.12.2007	-39,6	С-В, 2м/с	-19,4	0,5
3	14.12.2007	-39,6	С-В, 2м/с	-18,8	0,5
4	14.12.2007	-39,6	С-В, 2м/с	-17,6	0,5
5	14.12.2007	-39,6	С-В, 2м/с	-17,9	0,5

Таким образом, разработанные НПО «Фундаментстройаркос» конструкции однотрубных, двухтрубных, многотрубных и коллекторных СОУ являются эффективными замораживающими установками и могут применяться для замораживания грунтов в зависимости от конкретных условий.

МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЕВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБСАДНЫХ КОЛОННАХ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН В КРИОЛИТОЗОНЕ

Маслов А.Д., Маслов Д.А.
Ухтинский Государственный Технический Университет

THE AXIAL TENSIONS APPEARANCE MECHANISM WHILE DRILLING IN THE PERMAFROST CONDITIONS

Maslov A.D., Maslov D.A.
Ukhta State Technical University, Ukhta

The origin of the axial tensions in cases of drilling wells in the cryolithozone was first studied carefully on the oil field Prudhoe Bay Alaska.

As the result of the qualitative definitions, the variable character of longitudinal deformations on the side contacts of the rock with the well frameworks was experimentally determined. According to the authors of this mechanism, the main factor of the tension origin is the lithological stratification of permafrost: in the warming zone (due to the radial force) feebly contracted sands penetrate to the easily consolidating clays. Thus in the sand layers strain tension increases, in the clay levels the contraction one takes place.

In the report the universal mechanism is suggested. It doesn't depend on the lithological change of layers, but it's mainly controlled by the structure of the cryolithozone: the frozen and cooled grounds alternation by the depth and stretch (the conception of multilayered structure of the cryolithozone according to the physical condition of rocks). However, the strain tension (in the cooled layers) and contraction tension (in the frozen ones) are the result of considerable difference in the deformational-durable characteristics of frozen, cooled and thaw (warmed) rocks.

Природой образования осевых напряжений в прискважинной зоне занимались многие исследователи [1,2,6,7]. Впервые, возникающие в колоннах деформации были количественно определены и подробно изучены на промысловом полигоне месторождения Прадхо – Бей, штат Аляска[7]. В результате был установлен знакопеременный характер напряжений на боковых контактах породы с конструкцией скважины. В конечном итоге, экспериментаторы разработали модель прогнозирования осевых деформаций и апробировали её на полученных данных полевых исследований [9].

В общем виде, как считают авторы, основным условием возникновения напряжений вдоль обсадной колонны является обязательное наличие в малольдистых мёрзлых толщах литологической слоистости: легкоуплотняющиеся глины и слабосжимающиеся пески. В процессе бурения вокруг скважин образуется растянутая зона, ослабленная за счёт фазовых переходов. На боковых контактах мёрзлых и талых пород образуются радиальные усилия. В результате вся эта поверхность прогибается внутрь, вследствие чего в растянутой зоне слабосжимаемые пески проникают (вверх и вниз) в сжимаемые и уплотняемые глины: на песчаных уровнях возникают напряжения растяжения; на глинистых уровнях – сжатия.

Думается, что рассмотренный выше вариант образования осевых напряжений является частным случаем (может присутствовать и определенным образом качественно влиять на процесс деформирования обсадных колонн) некоего общего, более универсального механизма. При этом ведущим фактором, обеспечивающим существование выдвигаемого ниже механизма, является многослойное строение криолитозоны по физическому состоянию: разнообразное чередование в разрезе охлажденных (температура начала замерзания порового раствора ниже естественной отрицательной температуры породы) и мерзлых слоев [4,8].

Предварительно рассмотрим деформационные свойства талых, охлажденных и мерзлых пород. Комплекс специальных экспериментальных исследований показал, что охлажденные породы составляют особую самостоятельную категорию грунтов, резко отличающуюся по механическим свойствам, как от талых, так и от мерзлых [5]. Первые компрессионные испытания выявили: сжимаемость глин в охлажденном температурном режиме испытаний меньше, чем сжимаемость этой же глины, но в талом режиме загрузки. Время стабилизации деформации на каждой ступени давления у охлажденной глины больше, чем у талого образца (общие испытания охлажденного образца закончились на 172 часа позже). Результаты определения коэффициента фильтрации по кинетике консолидации этих образцов – близнецов показывают: выдавливание поровой воды из охлажденной глины идёт значительно медленнее, причём, вытесненный из охлажденного грунта поровой раствор оказался менее концентрированный, чем исходный (в талом режиме испытаний подобный факт не прослеживался). В новой серии экспериментов (сублитораль арктического шельфа; голоценовые отложения; 175 пар испытаний) полученные данные подтверждают первые результаты исследований.

Наконец, компрессионные испытания более консолидированных грунтов (Большеземельская тундра; среднеплейстоценовые морские отложения; глубина отбора 108-156; 25 серий испытаний) показали, что сжимаемость грунтов в охлажденном режиме загрузки на 30-40% меньше сжимаемости талых образцов, сами же относительные осадки имеют меньшие значения, чем рассмотренные выше слабоконсолидированные отложения [4].

Таким образом, установлено, что прочностные свойства одних и тех же грунтов (идентичных) зависят от физического состояния. Они убывают в направлении ряда: мерзлые – охлажденные – талые.

Теперь рассмотрим предлагаемый механизм (в схематическом виде) возникновения осевых напряжений в обсадных колоннах. При этом намеренно исключим из сферы обсуждения (по понятным

причинам) литологическое разнообразие в криогенных толщах. Примем за основу криолитозону, сложенную монотонными суглинистыми грунтами. В этом случае её многослойность по физическому состоянию (чередование по вертикали мёрзлых и охлаждённых слоёв) не зависит от дисперсности породы, а контролируется лишь исходными значениями концентрации порового раствора (соотношением засоленности и влажности), определяющими температуру начала замерзания. В процессе эксплуатации скважины (вокруг её) в растеплённой зоне формируются техногенно – талые грунты. Следовательно, в криолитозоне соседствуют три категории грунтов по физическому состоянию, воздействие которых друг на друга будет не одинаковым. Радиальные усилия, направленные от боковых контактов мёрзлых и охлаждённых слоёв в сторону ослабленной (за счёт фазовых переходов) талой зоны, скорее всего, будут частично компенсироваться релаксационными процессами: результат ответной реакции слоёв на меняющиеся условия (время и скорость) продвижения зоны растепления. В то же время, техногенно – талые грунты будут значительно ослаблены за счёт тиксотропии: процесс формирования ослабленной зоны выводит всю грунтовую систему из равновесно - напряжённого состояния. Это связано с тем, что в процессе давления вышележащих толщ (главной причины образования радиальных усилий) "включается" механизм выдавливания охлаждённых грунтов (более пластичных, чем мёрзлые) в талые, где они, смещаясь вверх и вниз, образуют осевые напряжения. При подобной трансформации грунтового вещества на контактах с обсадными колоннами возникают напряжения растяжения (на уровнях охлаждённых слоёв) и сжатия (на мёрзлых уровнях).

Естественно, предложенная схема механизма требует серьёзной детализации, так как сам механизм и количественные характеристики возникающих осевых напряжений зависят, в значительной степени, от мощности охлаждённых и мерзлых слоев, их соотношения друг с другом, глубины залегания, литологических особенностей, радиуса протаивания (время и скорость). При расчёте времени промерзания прискважинной зоны [3] также необходимо учитывать как само строение криолитозоны, так и специфику вторичного промерзания и охлаждения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Быков И.Ю., Дмитриев В.Д. Бурение скважин на воду в северных районах // "Недра", Л - д., 1981, стр. 128.
2. Быков И.Ю. Техника экологической защиты крайнего севера при строительстве скважин // Издательство ЛГУ, Л – д., 1991, с. 237.
3. Быков И.Ю., Андронов И.Н., Бобылёва Т.В. Время обратного промерзания прискважинной зоны при строительстве и эксплуатации скважин в многолетне-мерзлых породах // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. №2, М, 2004, с. 2 – 4.
3. Маслов А.Д. Методы диагностирования физического состояния пород // Повышение эффективности нефтеотдачи на Европейском северо-востоке. Сборник научных трудов. ВНИИОЭНГ, М., 1986, с. 28 – 32.
4. Маслов А.Д. Криосинерезис и его роль в преобразовании морских осадков на стадии диагенеза // "Инженерная геология", РАН, №1, М., 1992, с. 40 – 49.
5. Медведский Р.И. Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномерзлых породах // "Недра", 1987, с. 230.
6. Goodman M.A. How permafrost thaw / freeze creates wellbore loading / "World Oil", 1997, p. 107 – 112.
7. Maslov M.A., Maslov D.A. Rock's physical state diagnose to classificat their compositional properties / Permafrost Engineering. Fifth international symposium Proceadings. Vol. 1, Jakutsk, 2002, p. 61 63.
8. Mitchel R.F., Goodman M.A. Permafrost thaw – subsidense desing / "J.Petrol. Technol", 1978, Vol. 71, №3, p. 455 – 460.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ХЛАДАГЕНТОВ ДЛЯ СОУ

Мельникова Е.А., Окунев С.Н.
ООО НПО "Фундаментстройаркос", г. Тюмень

THE PROBLEM OF COOLANTS CHOOSING FOR SEASONNALLY COOLING DEVICES (SCD)

Melnikova E.A., Okunev S.N.
Scientific Production Company "Fundamentstroikos", Tyumen

The analysis of conformity of coolants that are in use by SPC "Fundamentstroikos" to the criterions of feasibility is given. These criterions are – thermodynamic characteristics, technical parameters, safety for the people and the equipment, economic parameters. Use of two coolants for the refueling of SCD (ammonia and carbon dioxide) is proved by the results of comparison.

Ammonia was proved as the best coolant by its thermodynamic characteristics. Such a conclusion is based on the calculation of the optimum weight needed for the refueling of the coolants R22, R744, R717.

Основными критериями выбора хладагента для СОУ с учетом особенности конструкции и условий эксплуатации являются:

- термодинамические и теплофизические характеристики:

1. Давление испарения.

2. Удельная теплота испарения.

3. Плотность жидкости.

- технические показатели, влияющие на работоспособность и надежность:

1. Воздействие на металлы.

2. Поведение в присутствии влаги и воздуха.

3. Термическая стабильность.

4. Эффективность теплообмена.

5. Обнаружение факта и места утечек.

- безопасность при эксплуатации:

1. Прямое воздействие на организм человека при выбросах хладагента (предельно допустимая концентрация по токсичности, воспламеняемость, взрывоопасность).

- экологические характеристики :

1. Влияние на озоновый слой и парниковый эффект.

- экономические показатели:

1. Цена.

2. Наличие хладагента на рынке.

3. Влияние на стоимость установки в целом.

В результате ранее проведенных теоретических исследований и опыта эксплуатации в парожидкостных СОУ могут применяться четыре основных хладагента – два в группе неорганических веществ - двуокись углерода - R744, аммиак - R717 и два в группе органических веществ - дифторхлорметан - R22, пропан - R290.

В соответствии с ПБ 09-592-03 существует три группы по характеристикам токсичности и взрывоопасности. Двуокись углерода и хладон 22 относятся к первой группе, как вещества нетоксичные и невзрывоопасные, кроме того, они не опасны по воспламеняемости. Во вторую группу входят токсичные вещества, смесь паров которых с воздухом имеет нижнюю границу концентрационного распространения пламени хладагента 3,5% и более. Аммиак принадлежит ко второй группе, так как смесь его с воздухом в пределах от 16 до 25% горит, но температура самовоспламенения этого хладагента 651°C. Пропан – представитель третьей группы хладагентов, смеси паров которых с воздухом имеют нижнюю границу концентрационного распространения пламени менее 3,5%, температура самовоспламенения пропана - 450°C.. Так как применение пропана не удовлетворяет требованиям безопасности при эксплуатации СОУ по взрывоопасности, а также требует выполнения дополнительных мероприятий в процессе производства и транспортировки СОУ, он практически не используется в парожидкостных СОУ и далее рассматриваться в качестве хладагента не будет.

Хорошие характеристики имеют хладагенты органического происхождения по токсичности, в частности, хладон 22 и двуокись углерода относятся к шестому классу веществ согласно международной классификации Hodge и Sternе. Эти хладагенты являются полностью безвредными, предельно допустимая концентрация по объему не превышает 10%, а эффект гибели 50% подопытных крыс наступает при концентрации >100 000 ppm. Двуокись углерода относится к пятому классу практически нетоксичных веществ, ПДК не превышает 5% по объему. Аммиак принадлежит ко второму классу сильно токсичных веществ, ПДК=0,2% по объему, однако токсичное воздействие аммиака не накапливается в организме человека, и о своем появлении этот хладагент предупреждает сильным и резким запахом уже при концентрации не более 5 ppm.

В соответствии с вышеизложенным, аммиак и двуокись углерода безопасны при производстве и эксплуатации СОУ. В условиях производства ООО НПО "Фундаментстройаркос" к работе с аммиаком и двуокисью углерода допускаются аттестованные специалисты соответствующей квалификации при соблюдении правил техники безопасности. Кроме того, все СОУ проходят приемо-сдаточные испытания: испытание на прочность, герметичность, проверка нормы заправки хладагента, проверка качества сварных швов и антикоррозионного покрытия. Именно пооперационный контроль 100% изделий, соблюдение технологии испытания на прочность и герметичность, соблюдение требований проекта при монтаже СОУ и обеспечивает сохранение герметичности конструкции, следовательно, и безопасность СОУ с точки зрения возможности утечки хладагента.

Влияние хлорсодержащих хладагентов на разрушение озонового слоя приведено в таблице 1. По экологическим требованиям выбор аммиака и двуокиси углерода в качестве основных хладагентов в СОУ наиболее перспективны для использования на объектах промышленного и гражданского назначения. Хладон 22 разрешен только до 2020 г, замена хладона 22 на хладон 404а (неазеотропная смесь из 44%(R125)+ 52%(R143a) + 4%(R134a)) приведет к возникновению технологических трудностей:

1. Изменение технологии заправки, так как заменитель является неазеотропной смесью, заправка допустима только из жидкой фазы.

2. При разгерметизации СОУ повторное использование хладона R404а невозможно.

Таблица 1. Экологическая оценка влияния хладагентов на разрушение озонового слоя.

Критерий сравнения	Двуокись углерода	Аммиак	Хладон 22	Пропан
Значение коэффициента возможности истощения слоя озона (Ozone Depletion Potential) ODP	0	0	0,04...0,06 (5% от влияния R11)	0
Значение коэффициента возможности глобального подогрева атмосферы за 100-летний период (Global Warming Potential) GWP	0	0	0,32...0,37 (37% от влияния R11)	0

Сравнение термодинамических характеристик хладагентов.

Значения термодинамических характеристик хладагентов приведено в табл.2.

Таблица 2. Термодинамические и теплофизические характеристики хладагентов.

Критерий сравнения	Двуокись углерода	Аммиак	Хладон 22
Давление испарения при температуре минус 1 град С, атм	33,77	4,14	4,82
Удельная теплота испарения, кДж/кг	235,10	1264,16	206,15
Плотность жидкости , кг/м ³	933	639	1358

Для определения влияния термодинамических свойств хладагента на эффективность работы СОУ выполнен расчет зависимости оптимальной массы заправки от температуры наружного воздуха. Результаты расчета показали, что масса заправки для хладона 22 и углекислоты практически одинакова, а масса заправки аммиака в 10 раз меньше чем для хладона 22. Таким образом, по термодинамическим характеристикам лучшим хладагентом является аммиак. Он имеет самые высокие показатели по удельной теплоте парообразования и меньшие значения давления испарения при одной и той же температуре испарения, чем у двуокиси углерода и хладона 22 (см. табл.2). Таким образом, именно хорошие термодинамические характеристики аммиака, низкие значения давлений и плотности обусловили применение аммиака в системах «ГЕТ» и «ВЕТ». Применение других хладагентов в системах «ГЕТ» и «ВЕТ» приводит к значительному снижению эффективности работы систем и увеличению их металлоемкости.

Для глубинных СОУ определяющим фактором является малое влияние гидростатического столба жидкости на температуру кипения. Этому требованию удовлетворяет только двуокись углерода, которая имеет самое высокое давление испарения. Применение аммиака и хладона 22 в глубинных СОУ для замораживания грунтов с наличием фильтрации воды и при высоких плотностях теплового потока приводит к значительному усложнению конструкции, большим материальным затратам и высокой стоимости изделий.

Влияние примесей (воздуха и влаги) на работу СОУ.

В качестве материала для изготовления СОУ используется низколегированные стали. Двуокись углерода и аммиак химически нейтральны к углеродистой стали, скорость коррозии которой при наличии неконденсирующихся примесей не выходит за пределы диапазона от 0,01 до 0,1 мм/год. Для СОУ заправленных двуокисью углерода, вследствие высокого давления испарения, присутствие неконденсирующихся газов практически не влияет на работу СОУ, по сравнению с аммиаком и хладоном 22. Из всех хладагентов присутствие влаги не оказывается при работе СОУ на аммиаке, поскольку аммиак полностью растворяет воду, поэтому для СОУ, заправленных двуокисью углерода и хладоном 22, необходимо выполнять мероприятия по исключению попадания влаги в СОУ. Кроме того, хладон 22 при контакте с водой образует коррозионную среду, поэтому содержание влаги не должно превышать 10 ppm. На основании анализа влияния примесей в хладагентах на работу СОУ можно сделать следующие выводы:

- для углекислоты необходимо исключить только попадание влаги в СОУ, влияние примесей воздуха не значительно;
- для аммиака необходимо исключить примеси воздуха, влияние влаги незначительно;
- для хладона 22 необходимо исключить как примеси воздуха, так и влаги, что приводит к необходимости выполнения значительного объема дополнительных работ.

Установление факта нарушения герметичности СОУ для углекислоты и хладона 22 невозможно по запаху, в отличие от аммиака который имеет резкий запах.

Экономическое обоснование выбора хладагента для СОУ необходимо выполнять с учетом влияния используемого хладагента на себестоимость СОУ на протяжении всего жизненного цикла: стадия производства,

эксплуатации, утилизации. В связи с этим наиболее экономически выгодными является применение природных хладагентов – двуокиси углерода и аммиака.

По результатам технико-экономического обоснования выбора хладагентов для СОУ можно сделать следующие выводы:

- аммиак – имеет самые высокие термодинамические характеристики, что позволяет снизить металлоёмкость конструкции и массу заправки, безопасен по коэффициентам ODP и GWP по воздействию на озоновый слой, применяется в термостабилизаторах и системах «ГЕТ», «ВЕТ». Основное требование при применении аммиака – СОУ должны заправляться с минимальным количеством аммиака с учетом их конструктивного размещения для исключения токсичного воздействия на обслуживающий персонал;

- двуокись углерода – по термодинамическим свойствам на 15% лучше, чем хладон 22, безопасен по коэффициентам ODP и GWP по воздействию на озоновый слой, применяется в термостабилизаторах и глубинных СОУ. Основное требование при применении двуокиси углерода – должны отвечать прочностным требованиям с учетом давления при эксплуатации и транспортировки;

- хладон 22 – имеет самые низкие термодинамические характеристики, опасен по коэффициентам ODP и GWP по воздействию на озоновый слой, имеет максимальную массу заправки в СОУ и стоимость, применяется только в термостабилизаторах, основные требования при применении хладона 22 – отсутствие влаги и воздуха в СОУ, которые значительно влияют на эффективность и надежность.

Следовательно, выбор аммиака и двуокиси углерода для заправки СОУ удовлетворяет критериям технико-экономического обоснования и соблюдения требований мероприятий по охране окружающей среды, что в свою очередь снижает себестоимость в целом на протяжении жизненного цикла СОУ и отражает общемировую тенденцию перехода холодильной техники на природные хладагенты [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Архаров А.М. Криогенные системы. В 2 т. Т. 2: Основы проектирования аппаратов, установок и систем. М.: Машиностроение, 1999. с.719.
2. Maake B., Эккерт Г.-Ю., Кошпен Ж.-Л. Учебник по холодильной технике. М.: МГУ, 1998. 1142 с.
3. Сравнительный анализ внутренних процессов в термосваях. – “Холодильная техника”, 1978, №7, с. 37-41. Авт.: Е.С. Курьлев, В.В. Онсовский, В.С. Соколов.
4. Программа и методика испытаний систем и установок криогенных в полевых условиях. ПМ 01-06 ФСА. 2006. с.7.
5. ПБ 09-592-03 “Правила устройства и безопасной эксплуатации холодильных систем”, утвержденные Постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.2003 г. №68.
6. “Холодильная техника”, №9, 2007.

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЙ ПОД АВТОЗИМНИКИ НА БОЛОТАХ

Мерданов Ш.М., Иванов А.А., Шакмаков А.Ф.

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень.

JUSTIFICATION OF SWAMP WINTER ROAD BEDDING PREPARATION DEVICE BASIC CHARACTERISTICS

Merdanov Sh.M., Ivanov A.A., Shakmakov A.F.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen

In the following research the justification of basic characteristic of the device for accelerating the process of swamp winter road bedding preparation is given. This preparation comprises accelerated freezing of swamp foundation and snow stripes. For this purpose it is recommended to subject the swamp foundation to pressing and puncturing the holes of 20...25 cm deep till the water comes up. The pneumatic roller performs moss layer pressing. Movable spur dike roller performs puncturing. The copyright law protects these devices. The inventors of the movable spur dike roller have carried out the research aimed to find the optimal design and to reveal the level of impact of four basic factors: time of spur dike injection; spur dike diameter; injection height or depth; state of swamp foundation soil and frozen layer thickness. As a result power input curves that depend on the four above-named factors were plotted.

Строительство автозимников осуществляется в два этапа в определенной технологической последовательности.

На первом этапе предусматривается в качестве одной из основных работ - проминка и промораживание верхнего слоя торфяной залежи, а на втором этапе производятся работы по созданию снежного (снежно-ледяного) полотна.

При выполнении работ первого этапа очень важно ускорение процесса промораживания верхнего торфяного покрова болот. Для этого рекомендуется производить проминку мохорастительного покрова с целью уплотнения верхнего слоя болота с выжиманием воды на поверхности и прокалыванием лунок, что значительно

ускоряет процесс промораживания с увеличением ее глубины, а также уплотнение с прокалыванием снежного покрова без расчистки. Проминку мохорастительного верхнего слоя можно выполнить при помощи разработанной нами конструкцией катка (рис. 1) с подвижными шпорами.

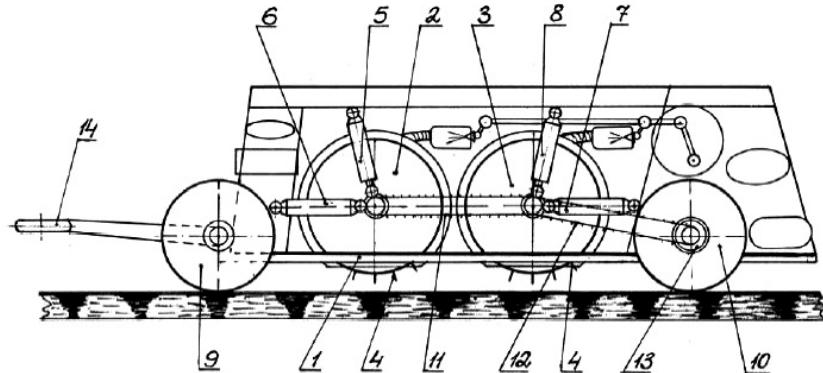


Рис. 1. Каток для подготовки оснований под авто зимники на болотах.

При выпадении снега толщиной до 10 см проминку осуществляют без уборки снега аналогичным способом. По сравнению с известными конструкциями, наличие новых элементов - второго барабана с подвижными шпорами - позволяет обеспечить оптимальную частоту и глубину формируемых лунок, что обеспечивает исключение вероятности прилипания с зависанием между шпорами и наружной образующей поверхностью барабана массы грунта, растительных остатков и влаги в момент проминки и вдавливания шпор, а также повысить эффективность их вдавливания.

Конструкция барабана (рис. 2) обеспечивает возвратно-поступательное движение шпор, способствующее их плавному вхождению в дорожное основание и крутым выходу, исключающему выхват грунта вершиной шпоры, что в сочетании с цилиндрической формой шпор диаметром 6–8 см и высотой 20–25 см существенно снижает повреждаемость растительного покрова при подготовке дорожного основания по сравнению с ранее известными рабочими органами.

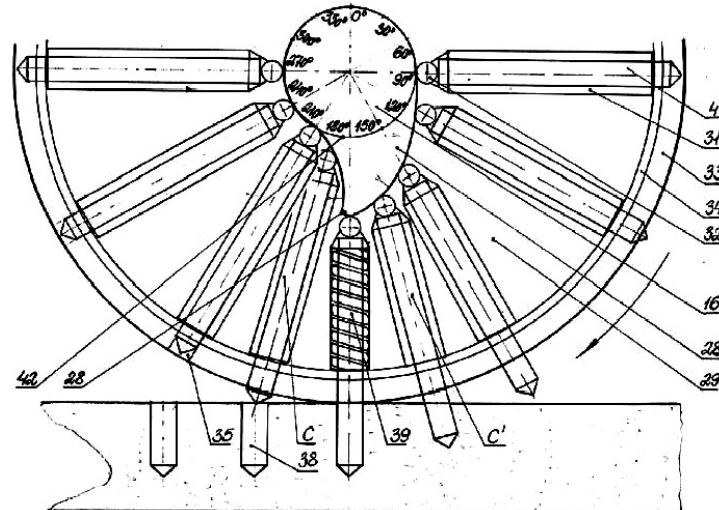


Рис. 2. Рабочий орган катка.

Предлагаемый нами каток (рис. 1) содержит раму 1 и установленные на ней рабочие органы в виде первого барабана 2 и второго барабана 3. На наружной поверхности каждого барабана установлены подвижные шпоры 4. На раме 1 установлены теплогенераторы 5 с форсунками 6, емкость для топлива 7 с насосом и топливопроводами, электростанция 8 с топливным баком 9 и гидронасосная установка 10 с баком для гидрожидкости 11.

Рациональный выбор основных рабочих параметров разработанного катка в значительной степени позволит определить максимальную производительность процесса подготовки оснований при допустимых энергозатратах. С этой целью нами исследовано влияние на величину энергозатрат при подготовке оснований под автозимники четырех основных факторов: времени вдавливания шпоры t , с; диаметра шпоры цилиндрической формы d , см; высоты шпоры h , м; сопротивления вдавливанию шпоры σ , кг/см².

Основные параметры предлагаемого катка можно определить следующим образом:

Производительность Π , $\text{м}^2/\text{ч}$:

$$\Pi = B \times v, (\text{м}^2/\text{ч}), \quad (1)$$

где B - ширина захвата катка, м; v - рабочая скорость катка, м/ч.

Энергозатраты E на подготовку оснований (кВт):

$$E = F \times v \times n, (\text{кВт}), \quad (2)$$

где F - сила вдавливания одной шпоры, Н; v - скорость вдавливания шпоры, м/с; n - количество одновременно вдавливаемых шпор.

Сила вдавливания F одной шпоры равна $F = S \times \sigma$, (Н), где S - площадь поперечного сечения одной шпоры, см^2 ; σ - сопротивление вдавливанию шпоры, $\text{кг}/\text{см}^2$

Скорость вдавливания шпоры v , м/с в болотное основание равна $v = h/t$, (м/с), где h - высота шпоры, м; t - время вдавливания шпоры, с.

Площадь поперечного сечения S (см^2) составляет $S = \pi \times d^2/4$, (см^2), где d - диаметр в поперечном сечении шпоры, см.

Тогда формулу (2) можно переписать в следующем виде:

$$E = F \times v \times n = S \times \sigma \times h \times n/t = n \times d^2 \times \sigma \times h \times n/4t, (\text{кВт}).$$

Таким образом, энергия вдавливания одной шпоры E , (кВт) зависит в основном от четырех факторов: времени вдавливания шпоры t , с; диаметра шпоры d , см; высоты шпоры h , м; сопротивления вдавливанию шпоры σ , $\text{кг}/\text{см}^2$.

На основании вышеизложенного составим схему уровней варьирования этих четырех факторов (таблица).

Таблица. Уровни варьирования факторов

Факторы	Размерность	Код	+ α	- α	Среднее значение	+1	-1
Время вдавливания шпоры, t	с	x_1	0,5	0,1	0,3	0,4	0,2
Диаметр шпоры, d	см	x_2	9	5	7	8	6
Высота шпоры, h	м	x_3	0,28	0,12	0,2	0,25	0,15
Сопротивление вдавливанию шпоры, σ	$\text{кг}/\text{см}^2$	x_4	35	15	25	30	20

Установить степень влияния каждого из четырех факторов:

времени вдавливания шпоры t в дорожное основание; диаметра шпор d ; высоты шпор h и сопротивления вдавливанию шпоры σ в дорожное основание на энергоемкость процесса вдавливания E представляется возможным путем предварительного расчета заданных уровней варьирования с построением кривых по каждому из четырех факторов при среднем значении трех остальных и анализа полученных результатов.

Изменение времени вдавливания шпоры на пяти уровнях (таблица) будет сопровождаться следующими затратами энергии E , кВт:

$$E = \pi \times d^2 \times \sigma \times h \times n/4t, (\text{кВт}).$$

По результатам исследований построен график (рис. 3) зависимости величины энергозатрат от (t , d , h , σ).

С целью исключения необходимости увеличения массы катка необходимо, чтобы вдавливание происходило в порядке последовательного чередования импульсов вдавливания первого и второго барабанов. Это условие можно выполнить, учитывая, что периодичность вдавливания шпор одним барабаном равна отношению 360° к числу рядов шпор по окружности каждого барабана (12 шт.) $360^\circ/12=30^\circ$ (30° по углу поворота барабана) путем сдвига импульса вдавливания шпор вторым барабаном на $30/2=15^\circ$ относительно импульса вдавливания шпор первым барабаном, см. рис. 4.

Результаты исследований использованы при разработке технического задания на проектирование катков с подвижными шпорами, предназначенных для прокалывания лунок в болотном основании автозимников.

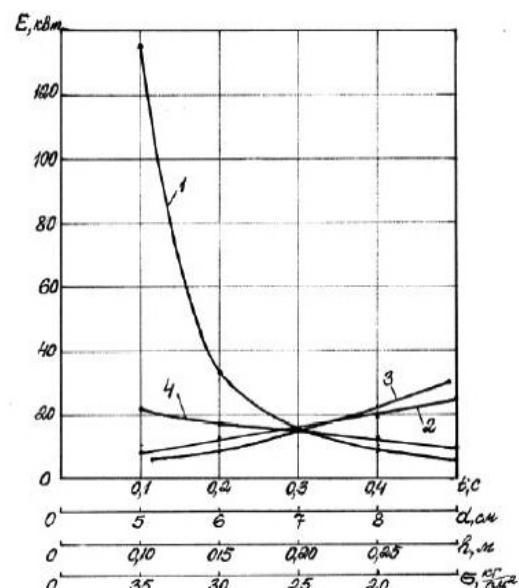


Рис. 3. Зависимости величины энергозатрат от факторов (t , d , h , σ).

Кривые: 1 – продолжительности вдавливания шпор t , с; 2 – диаметр шпор d , см; 3 – высоты шпор h , м; 4 – сопротивления вдавливанию шпор σ , $\text{кг}/\text{см}^2$.

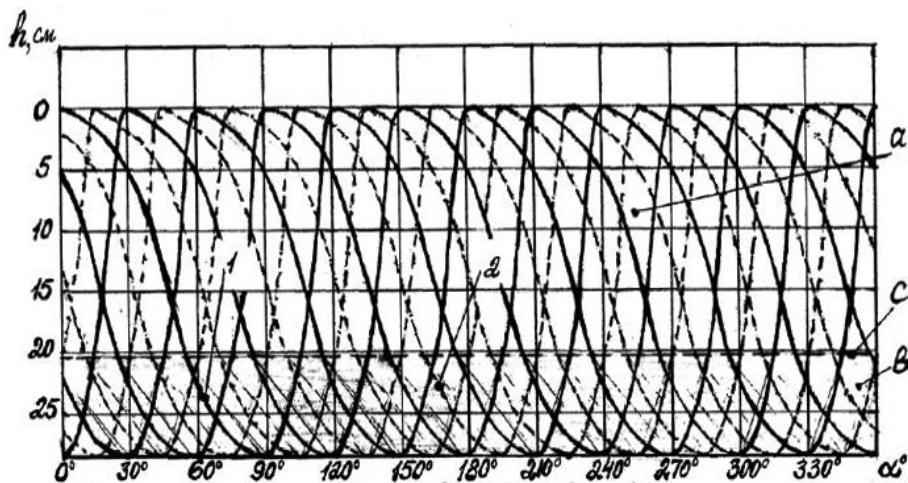


Рис. 4. Схема смещения фаз импульса вдавливания шпор по углу поворота второго барабана относительно первого.

Фазы импульса вдавливания шпор: 1 – первого барабана; 2 – второго барабана; Осевое перемещение шпоры: а – до соприкосновения дорожным основанием; б – после соприкосновения с дорожным основанием; с – линия соприкосновения шпоры с дорожным основанием.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬДОГРУНТОВЫХ НАСЫПЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА КОНДИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ

Милованов С.В., Рябов В.А.
ОАО “ВНИПИгаздобыча”, г. Саратов

OUTLOOKS OF THE ICE-GROUND EMBANKMENT USING IN CASE OF THE CONSTRUCTION MATERIAL LACK ON THE YAMAL PENINSULA

Milovanov S.V., Ryabov V.A.
OJSC "VNIPIgazdobycha", Saratov

Reserves of ice-rich clay sand quarries explored now on the Yamal peninsula are limited, and deposits “quality” requires two-seasonal cycle of preparation (thawing and drainage) in a storage pits. This lengthens the construction period and marks up the cost of the embankments.

In this work authors discuss the results of the computational experiment on transient thermal induced impact on the embankments, that entails the using of the complete technique of the embankment construction and pile foundation for different periods of work. This technique also demands the different quality parameters of such embankments and different configurations of cooling systems to be taken into account.

The proposed technical solution, in addition with the shortening of construction period, allows lowering the requirements to quality of materials used for an artificial embankments.

ОАО "Газпром" ставит перед собой задачу запустить первый пусковой комплекс ГП-2 Бованенковского месторождения в III квартале 2011 года. Разведанные к настоящему времени карьеры льдистых супесей невелики по своим запасам, а их "качество" требует двухсезонного цикла подготовки (оттаивания и осушения) в буртах. Талые супеси, полученные гидронамывным способом, не позволяют использовать грунт для передачи нагрузок на фундамент до момента его промерзания в теле насыпи. Однoproцентный уровень паводкового затопления территории строительства ГП-2 свидетельствует о том, что высота искусственной насыпи площадки размещения первого модуля технологического оборудования составляет от 4,6 до 6,0 метров.

По мнению авторов, выход из сложившейся ситуации следует искать в направлении формирования искусственного массива грунтов основания с заданными механическими свойствами посредством использования криогенного ресурса территории. Наиболее рациональный, эффективный и апробированный способ добиться положительного результата – использование сезоннодействующих незнергоемких трубчатых охлаждающих систем в процессе строительства.

Целью настоящего исследования является поиск ответа на вопрос, а возможно ли добиться такого результата в столь сжатые сроки строительства. В качестве средства достижения цели работы авторами использована методология постановки и проведения вычислительного эксперимента [1,2], "реализующего"

технологию строительства грунтовой насыпи и свайного фундамента для различных сроков проведения работ, различных качественных характеристик грунта насыпи и различных конструкций охлаждающих систем.

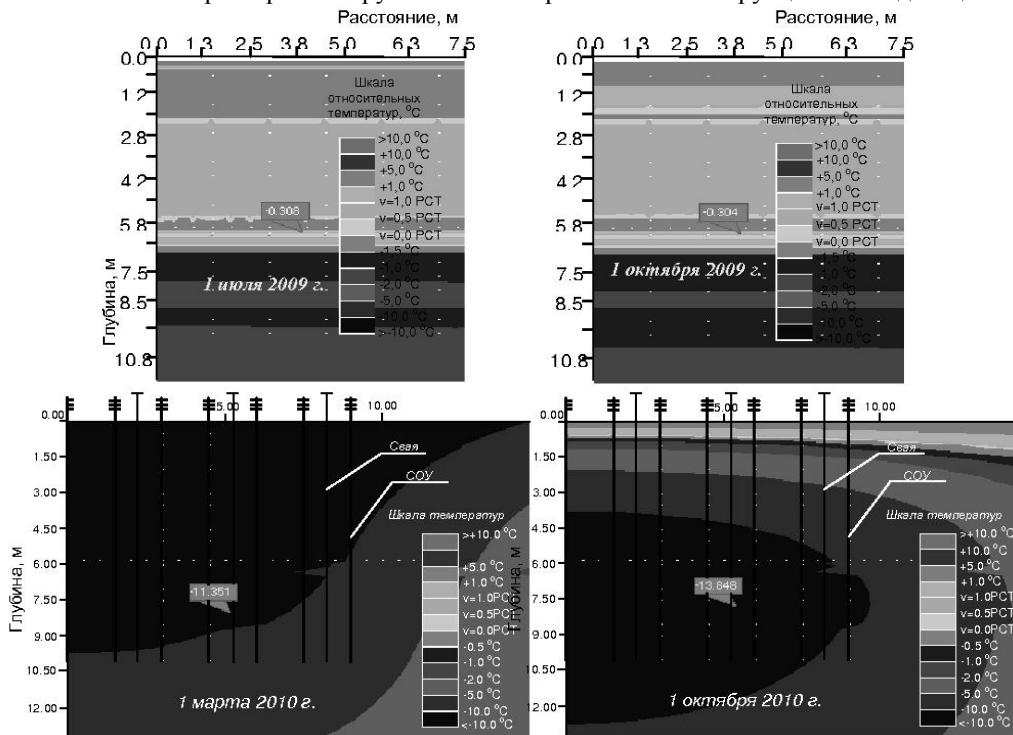


Рис.1. Расчетное температурное поле в случае применения вертикальных термостабилизаторов (СОУ)

В процессе вычислительного эксперимента использованы численные методы решения системы нестационарных дифференциальных уравнений теплопроводности для анизотропных сред, вмещающих источники холода и подвижную границу раздела фаз поровой влаги.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при "реализации" традиционных решений с использованием в процессе строительства свайного фундамента вертикальных охлаждающих колонок (СОУ) для охлаждения грунтов до твердомерзлого состояния необходим технологический перерыв после погружения свай фундамента сроком в один зимний сезон. С учетом возможного двухгодичного цикла сооружения "высокой" искусственной насыпи на ГП 2 период между передачей нагрузок на фундамент (март 2010 г.) и пуском месторождения в эксплуатацию может быть ограничен 18 месяцами.

В ходе реализации вычислительного эксперимента "получены" сценарии нестационарного теплового воздействия на грунты оснований горизонтальной естественнодействующей парожидкостной трубчатой охлаждающей системы с испарительной частью из пластиковой трубы (рис 2). Сценарии позволяют сделать обоснованные выводы о том, что запуск системы в январе 2008 г. дает возможность "производить отсыпку" площадки строительства с одновременным промораживанием ядра насыпи, как со стороны охлаждающей системы, так и со стороны атмосферы. В течении холодного периода (январь-май) возможно произвести более 2/3 объемов отсыпки. В "теплое" время года возможно досыпать площадку качественным подготовленным грунтом слоем 1,2-1,5 м. (прогнозируемая величина СТС равна 1,2 м).



Рис. 2. Горизонтальная естественнодействующая парожидкостная трубчатая охлаждающая система с единым конденсаторным блоком (фото Окунева С.Н.)

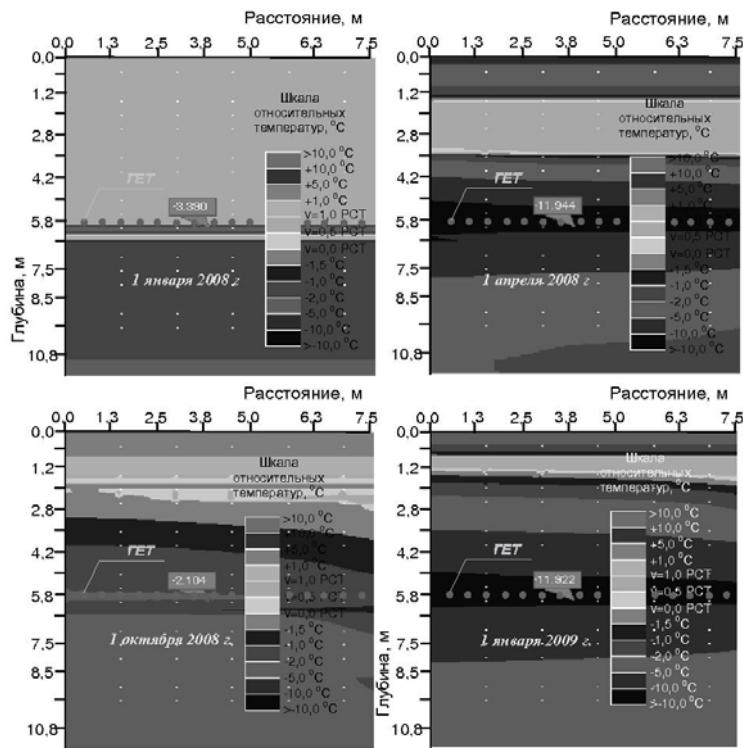


Рис.3. Результаты вычислительного эксперимента в случае применения горизонтальной охлаждающей системы

Значения расчетных температур свидетельствуют о том, что в декабре 2008г. можно будет начать свайные работы с одновременной передачей механических нагрузок на фундамент. В этом случае период выполнения СМР до пуска газа с месторождения увеличится до 36 мес.

Кроме сокращения сроков строительства предлагаемое техническое решение позволяет снизить требования к качеству материала используемого в искусственной насыпи. Доля стоимости двухсезонной подготовки грунта до характеристик требуемого кондиционного уровня составляет 45-47% от себестоимости заготовки.

ЛИТЕРАТУРА:

- Попов А.П. Математическое моделирование процесса теплового взаимодействия объектов газодобычи и многолетнемерзлых пород // Уфа: УГНТУ, 1996. с.46.
- РСН 67-87. Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами. – Госстрой России, 1987.

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ ПРИ ПРОКЛАДКЕ НЕФТЕПРОВОДОВ «ВСТО» И «ВАНКОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ – НПС ПУРПЕ»

Окунев С. Н., Сизиков Л. В., Захарова В. Н.
ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень

GROUND TEMPERATURE STABILIZATION SYSTEMS' DESIGNING EXPERIENCE WHILE "EAST SIBERIA – PACIFIC OCEAN" AND "VANKOR FIELD – PURPE STATION" OIL PIPELINES' BUILDING

Okunev S.N., Sizikov L.V., Zakharova V.N.
JSC Scientific Production Company "Fundamentstroikos", Tyumen

Underground oil pipeline building necessitates some measures, preventing or limiting the heat influence on the embankment grounds. Depending on the pipeline embankment ground conditions, the appropriate thermostabilizing method is used. The special attention while ground temperature stabilization systems' designing should be paid to the permafrost sustainability in case of temperature stabilization system partial outage.

Основным критерием при проектировании систем температурной стабилизации грунтов является обеспечение устойчивости нефтепровода, как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации.

При выборе технических решений необходимо производить анализ следующих факторов:

- климатических условий;
- инженерно-геологические и геокриологические условия;
- температурный режим трубопровода вдоль трассы;
- внешние факторы: влияние водотоков, эрозийных и склоновых процессов и т.д., под воздействием которых может произойти нарушение устойчивости трубопровода;
- устойчивость при непредвиденных техногенных и климатических воздействиях в процессе эксплуатации, в том числе и при выходе систем из строя.

Основными геологическими и геокриологическими факторами, влияющими на выбор технических решений, является льдистость, засолённость, тепло-физико-механические свойства многолетнемерзлых грунтов и изменения их свойств в процессе строительства и эксплуатации.

До начала выполнения проектных работ составляется:

- прогноз изменения геокриологических условий в процессе строительства и эксплуатации;
- прогноз изменения поверхностных условий относительно естественных, которые могут привести к увеличению величины сезонного промерзания - оттаивания и образованию талых зон или новообразованию мерзлоты;
- прогноз изменения величины снегозаносов, которые могут привести и к значительному повышению температуры грунтов, что в совокупности с другими факторами, приводит к растеплению грунтов.

По среднегодовой температуре, определяющей состояние грунтов по трассе, они разделены на три группы:

- несливающегося типа;
- «высокотемпературные», характеризующие грунты в пластичномерзлом состоянии;
- низкотемпературные, характеризующие грунты в твердомерзлом состоянии.

Основным фактором при оттаивании многолетнемерзлых грунтов под нагрузкой является просадочность, т.е. резкое нарастание деформаций, приводящих к осадкам.

Прокладка нефтепроводов на многолетнемерзлых грунтах производится:

- надземным способом на свайных опорах;
- подземным способом в траншее с использованием мероприятий, предотвращающих или ограничивающих тепловое влияние газопровода на грунты основания.

Прокладка нефтепровода подземным способом потребует мероприятий, предотвращающих или ограничивающих тепловое влияние газопровода на грунты основания. В зависимости от грунтовых условий применяется необходимый способ термостабилизации грунтов нефтепровода. Особое внимание при проектировании систем температурной стабилизации грунтов следует уделять надежности сохранения многолетнемерзлых грунтов при возможном выходе части систем термостабилизации грунтов из работы. В связи с этим должно быть также рассчитано время эксплуатации нефтепровода до достижения им потери устойчивости в течение которого должны быть восстановлены охлаждающие устройства.

При проектировании систем термостабилизации грунтов на участках подземной прокладки нефтепровода «ВСТО» основным техническим решением является применение грунтовых «холодных» опор (рис.1).

Грунтовые холодные опоры состоят из опорной части, опирающейся на железобетонные плиты, под которыми размещается теплоизоляция. Для температурной стабилизации грунтов применяются индивидуальные термостабилизаторы, имеющие теплоизоляцию до уровня укладки нефтепровода. Количество термостабилизаторов и толщина теплоизоляции рассчитываются таким образом, чтобы под теплоизоляцией круглогодично грунты сохранялись в твердомерзлом состоянии. Шаг грунтовых опор составляет 18...20 метров и определяется механической прочностью трубы.

На участках пересечения нефтепровода «ВСТО» с железной дорогой при подземной прокладке нефтепровода применяется система «ВЕТ» (рис.2). Трубы охлаждающие вертикальные размещаются попарно с шагом обеспечивающим твердомерзлое состояние грунтов.

При проектировании систем термостабилизации грунтов на участках подземной прокладки магистрального нефтепровода «Ванкорское месторождение – НПС Пурпе» основным техническим решением является установка индивидуальных термостабилизаторов вдоль трубы с расчетным шагом, обеспечивающим твердомерзлое состояние грунтов в период эксплуатации (рис.3)

Такое техническое решение обусловлено механической прочностью трубы, поскольку допустимый прогиб трубы требует установки грунтовых «холодных» опор через 10 метров. Сравнительный расчет затрат показал, что при этом условии установка термостабилизаторов вдоль нефтепровода дешевле, чем устройство грунтовых опор. Кроме того, устройство грунтовых опор необходимо выполнять только в процессе укладки нефтепровода, что приводит к значительному усложнению выполнения работ. В то время как установка термостабилизаторов выполняется после засыпки нефтепровода.

Поскольку температура нефти вдоль нефтепровода изменяется от + 60 до + 25°C, термостабилизаторы устанавливаются с шагом:

- 2,3 и 2,5 метра, на участках с температурой нефти от + 60 до + 45 °C;
- 3 метра, на участках с температурой нефти 45...40 °C;
- 4 метра, на участках с температурой нефти 35...25 °C.

При надземной прокладке нефтепроводов применяются индивидуальные термостабилизаторы с теплоизоляцией, равной глубине сезоннодействующего слоя, которые устанавливаются:

- внутри свай (рис.4);
- в скважину совместно со сваей (рис.5);

рядом со сваей при бурозабивном способе погружения свай (рис.6).

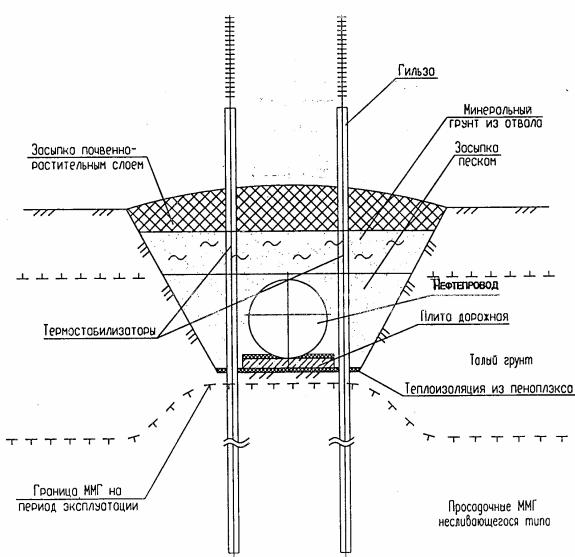
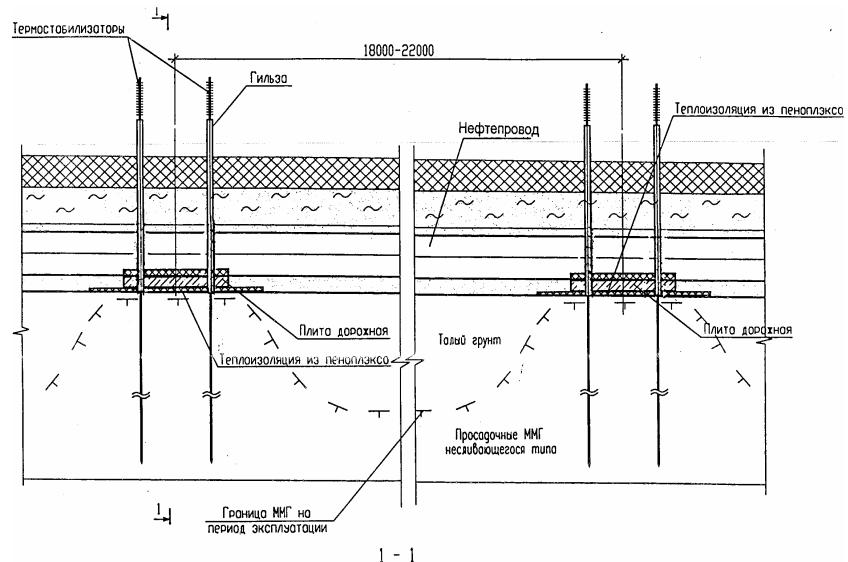


Рис.1. Применение грунтовых «холодных» опор.

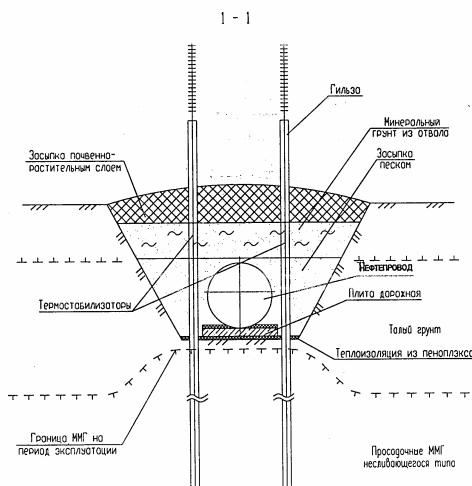


Рис.1. Применение грунтовых холодных пар

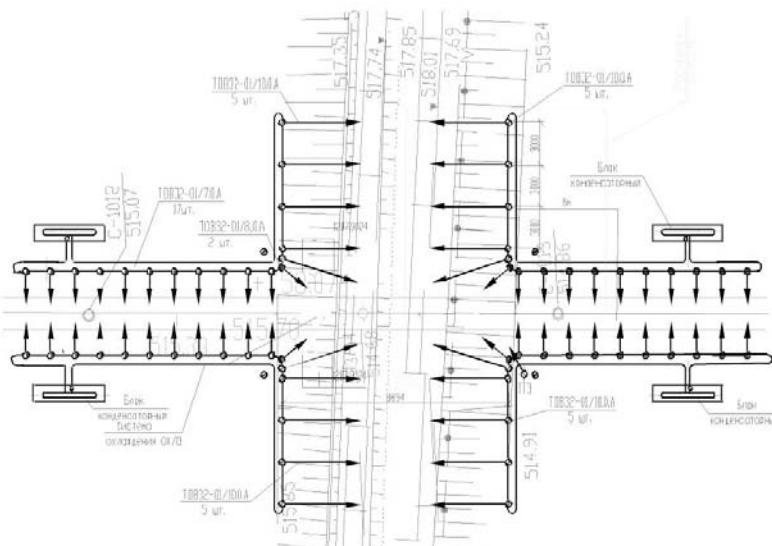


Рис. 2

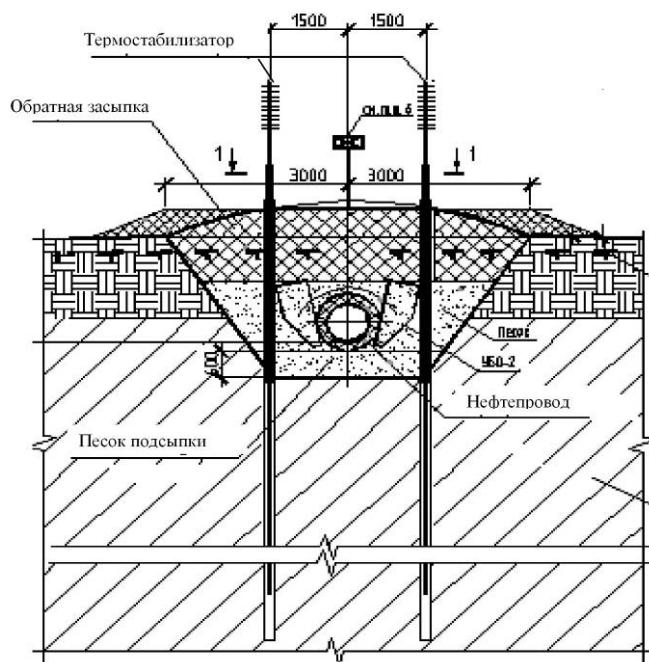


Рис.3

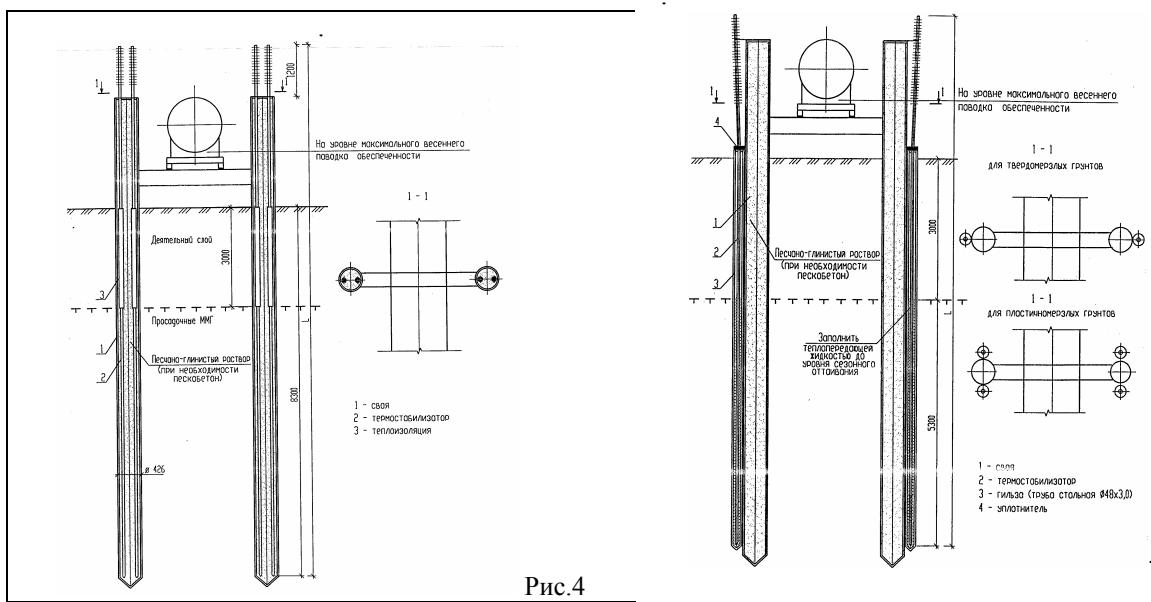


Рис.4

- Рис. 5.

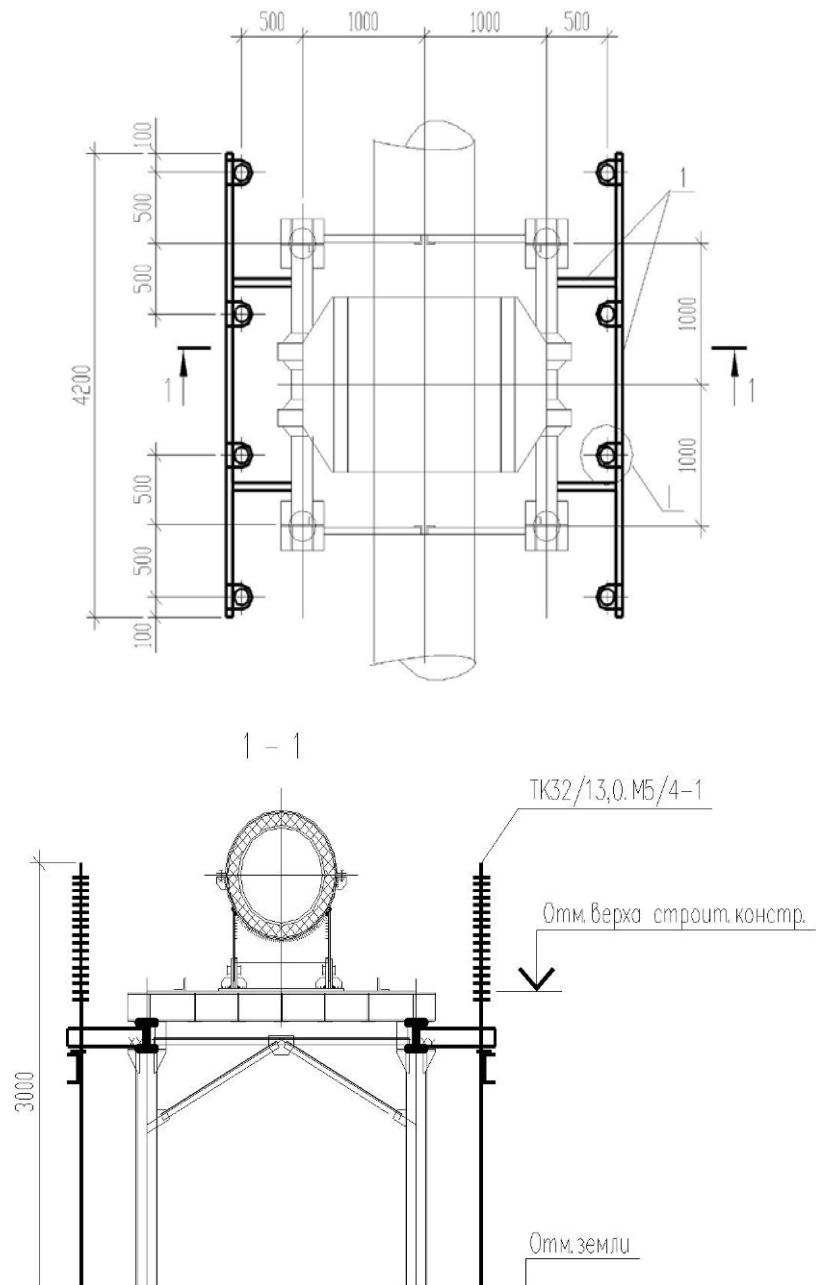


Рис.6

На нефтепроводе «Ванкорское месторождение – НПС Пурпе» термостабилизаторы устанавливаются в гильзы 76x3 мм, которые заполняются этиленгликолем до глубины сезоннодействующего слоя, верхняя часть гильзы герметизируется. В зависимости от грунтовых условий в сваю могут устанавливаться один или два термостабилизатора. Длина термостабилизаторов, применяемых для температурной стабилизации грунтов при надземной прокладке нефтепровода, составляет 10 ... 15 метров, а при подземной прокладке 12 метров.

При надземной прокладке нефтепровода, на участках с мощностью торфа более 2-х метров, на поверхности грунта размещается теплоизоляция для исключения протаивания грунтов и обеспечения их несущей способности от вертикальных и горизонтальных нагрузок (рис.7).

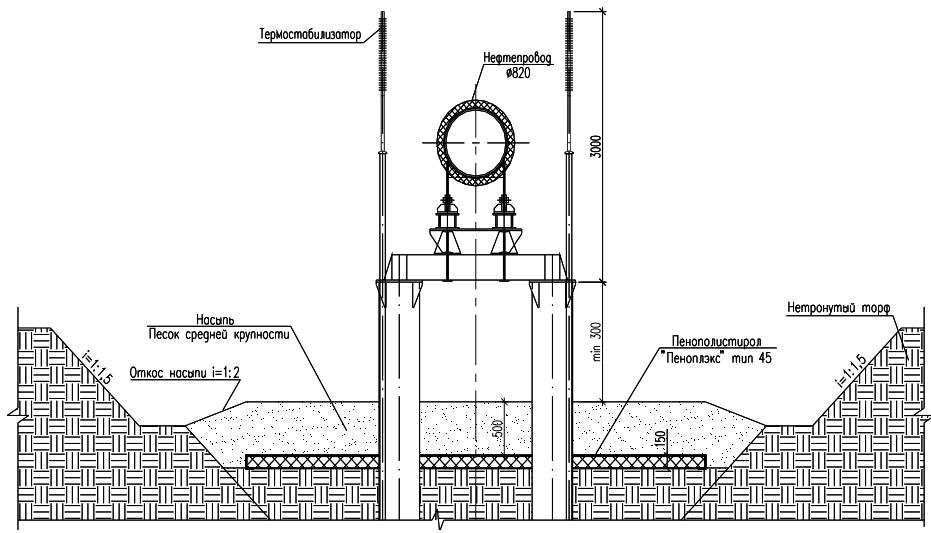


Рис.7

Для температурной стабилизации грунтов при подземной прокладке нефтепровода на берегу р. Таз используются вдоль нефтепровода термостабилизаторы общей длиной 15 метров, а для создания мерзлотных завес, обеспечивающих устойчивость склона, общей длиной 13 метров с длиной оребрения 2,4 метра и теплообменной поверхностью 4,8 кв. м.

Общее количество термостабилизаторов, которые должны быть установлены на нефтепроводе «Ванкорское месторождение – НПС Пурпе», составляет около 60000 шт. Для наблюдения за температурным режимом грунтов вдоль нефтепровода на участках установки термостабилизаторов устанавливаются термометрические трубы с шагом 100 метров.

В целом разработанные технические решения позволяют обеспечить надежную эксплуатацию нефтепроводов.

О ДЕЙСТВИИ ПРОВЕТРИВАЕМЫХ ПОДПОЛИЙ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Перльштейн Г.З.

Институт геоэкологии РАН, г. Москва.

CRAWL SPACE ACTING UNDER CLIMATE WARMING CONDITION

Perlstein G.Z.

Institute of Geocology, RAS, Moscow

Global warming induces problem of constructions stability in the permafrost territory. Possible changes of the ground thermal regime in crawl space have been estimated for Yakutsk city. Approximate calculating method was applied. Obtained results testify that in this region natural cold resources are quite satisfactory for maintaining constructions stability by means of conditional ventilating crawl spaces.

Известная проблема глобальных климатических изменений поставила на повестку дня вопрос о возможных последствиях этих процессов для условий жизни и хозяйственной деятельности в области вечной мерзлоты. По данным наблюдений на геокриологических стационарах, потепление климата обычно сопровождается повышением среднегодовой температуры пород, которому сопутствуют существенные, а подчас коренные изменения свойств отложений (особенно засоленных). Это чревато потерей устойчивости инженерных сооружений. По некоторым предварительным оценкам, при среднем из прогнозируемых темпов потепления уже через 20-30 лет потеряет устойчивость большинство зданий в таких городах, как Анадырь, Воркута, Норильск и Якутск. Социально-экономический урон в этом случае окажется сопоставимым с наиболее крупными природными катастрофами в новейшей истории человечества.

Необходимо отметить, что большинство зданий, выстроенных на территории криолитозоны по первому принципу (т.е. с сохранением мерзлых грунтов в основании), имеет свайные фундаменты с вентилируемым подпольем. Условия здесь совсем не такие, как на открытых площадках: поверхность грунта защищена в летнее время от солнечной радиации, а зимой свободна от снега, здание имеет значительное собственное тепловыделение и т.д.

Оценки возможных изменений температурного режима грунтов в проветриваемых подпольях выполнены по упрощенной методике для условий г. Якутска. Суть ее сводится к следующему. Рассматривались здания с высотой подполья 1.2 м и шириной 20 м, произвольно ориентированные в пространстве, в связи с чем скорость ветра в подполье произвольно задавались равной 0.5 м/с, а не рассчитывались, как это делается при проектировании [4].

Первоначально температура воздушного потока T_{B3} при проветривании рассчитывалась, исходя из постоянства температур перекрытия T_{Π} и поверхности грунта T_{Γ} . С таким допущением величина T_{B3} определяется по формуле:

$$T_{B3}(x) = T_0 - \left(T_0 - \frac{T_{\Gamma} + T_{\Pi}}{2} \right) \left[1 - \exp\left(-\frac{2\alpha x}{c\omega}\right) \right], \quad (1)$$

где x – расстояние, пройденное воздухом от края подполья, м; ω – расход воздуха на единицу ширины, $\text{м}^3/(\text{м}\cdot\text{ч})$; α – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; c – теплоемкость воздуха, $\sim 1.3 \text{ кДж}/\text{м}^3$. В таблице приведены значения относительной температуры воздуха $\theta = \frac{T_{B3} - 0.5(T_{\Gamma} + T_{\Pi}) - T_0}{T_0 - 0.5(T_{\Gamma} + T_{\Pi})}$ при различных скоростях воздуха. Значения коэффициента теплоотдачи рассчитывались по известным соотношениям между числами Рейнольдса, Прандтля и Нуссельта [1].

Таблица 1. Относительная температура воздуха при различных скоростях

Скорость, м/с	Re	Nu	θ
0.1	$0.154 \cdot 10^6$	452	0.986
0.5	$0.77 \cdot 10^6$	1638	0.949
1.0	$1.54 \cdot 10^6$	2852	0.913

Как видно из таблицы, при реальных скоростях воздушной струи изменения ее температуры, как правило, не превышают 10 % разницы: $\frac{T_{\Gamma} + T_{\Pi}}{2} - T_0$. Это позволяет прогнозировать температурный режим грунтов в подполье на основе одномерной расчетной схемы с осредненными значениями температур воздуха, поверхности грунта и перекрытия. Перечисленные параметры связаны следующими соотношениями:

$$T_{B3} = T_0 - \theta(T_0 - 0.5(T_{\Gamma} + T_{\Pi})), \quad (2)$$

$$T_{\Pi} = \frac{T^* + \alpha_T R T_{B3} + \alpha_{\Pi\gamma} R T_{\Gamma}}{\alpha_T + \alpha_{\Pi\gamma}}, \quad (3)$$

$$T^* = \frac{\alpha_T T_{B3} + \alpha_{\Pi\gamma} T_{\Pi}}{\alpha_T + \alpha_{\Pi\gamma}}, \quad (4)$$

где T^* – температура внутри здания, $^{\circ}\text{C}$; $\alpha_{\Pi\gamma}$ – коэффициент линейной аппроксимации закона излучения Стефана-Больцмана, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; R_{Π} – термическое сопротивление перекрытия, принято равным $1.46 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$.

Расчет проводится с помощью следующего итерационного процесса:

Задаемся приближенными значениями T_{B3} и T_{Γ} .

По ней находим T_{Π} .

Используя граничное условие:

$$\lambda_{\Gamma} \frac{T_{\Gamma} - T_{KP}}{\xi} + (\alpha_T (T_{\Gamma} - T_{B3}) + \alpha_{\Pi\gamma} (T_{\Gamma} - T_{\Pi})) = 0, \quad (5)$$

где T_{KP} – температура кристаллизации порового раствора, рассчитываем глубину оттаивания ξ и находим новое значение T_{Γ} .

После этого вся итерационная цепочка повторяется.

Таким путем приближаемся к истинным значениям T_{B3} , T_{Π} и T_{Γ} , которые усредняются раздельно для периодов оттаивания и промерзания.

Приведем некоторые результаты расчетов, выполненных для эталонного грунта с характеристиками: теплопроводность фазовых переходов $134000 \text{ кДж}/\text{м}^3$; коэффициенты теплопроводности в талом и мерзлом состоянии 1.74 и $2.44 \text{ В}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{К})$; теплоемкость – 2.035 и $2.87 \text{ МДж}/\text{м}^3$.

В начале расчетного периода длительность зимы $t_3 = 5090$ часов, средняя температура воздуха $T_0 = -26.5^{\circ}\text{C}$. Соответствующие параметры летнего периода: $t_{\text{Л}} = 3670$ ч; $T_0 = 12.3^{\circ}\text{C}$. При скорости воздуха $0.5\text{м}/\text{с}$ в подполье высотой 1.2м расчетная глубина сезонного оттаивания грунтов в начальный период равна 1.70 м . Талый слой полностью промерзает за 1850 часов. Оставшемуся импульсу охлаждения 83268 градусо-часов соответствует средняя годовая температура воздуха в подполье $T_{CP} = -9.5^{\circ}\text{C}$. По Павлову [2], средняя температура пород на подошве деятельного слоя T_m удовлетворительно описывается эмпирической зависимостью:

$$T_M = T_{CP} \exp \left(-0.6 \xi \sqrt{\frac{c\pi}{\lambda\tau}} \right) = 0.744 T_{CP} = -7.0^{\circ}\text{C} . \quad (6)$$

Результаты выполненных оценок приведены в таблице 2. В случае повышения температуры воздуха со скоростью 0.08 град/год, через 50 лет глубина промерзания грунта в вентилируемом подполье составит 1.78 м.

Таблица 2. Расчетное изменение температурного режима грунтов вентилируемого подполья

Год	Температура в подполье, $^{\circ}\text{C}$		Глубина оттаивания, м	Время промерзания, ч	T грунта, $^{\circ}\text{C}$
	зима	лето			
	-25.7	12.1	1.70	1850	-7.0
	-20.3	13.3	1.78	2610	-4.0

Время промерзания сезонно-талого слоя увеличится до 2610 часов, что приведет к сокращению импульса охлаждения и повышению средней температуры мерзлого грунта вблизи подошвы деятельного слоя до -4.0°C .

Приведенные выкладки свидетельствуют, что в рассматриваемом регионе ресурсы природного холода вполне достаточны для поддержания устойчивости сооружений с помощью традиционного проветривания подпольй. К тому же, при проектировании обычно принимают расчетную температуру грунта лишь чуть ниже той, что он имеет в естественных условиях. В условиях г. Якутска она составляет минус $2.0\text{--}2.5^{\circ}\text{C}$. Понятно, абсолютное большинство известных случаев деформаций зданий на территории криолитозоны связано не с климатическими изменениями, а с несоблюдением правил эксплуатации и ошибками при проектировании. Необходимо, однако, иметь в виду, что в указанном диапазоне температур прочность мерзлых грунтов песчаного состава все же уменьшается за 20 лет на 10%, а за 50 лет – на 20–25%. При повышении температуры воздуха со скоростью $0.08^{\circ}\text{C}/\text{год}$ многие основания на свайных фундаментах окажутся в критическом состоянии. В связи с этим необходимо подчеркнуть важность восстановления и расширения сети мониторинга инженерных сооружений, выстроенных по I принципу. Следует также уделить внимание разработке новых методов обеспечения устойчивости инженерных сооружений на территории криолитозоны, и в первую очередь, применение тепловых насосов [3,5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М., Энергия, 1977, с 69–78.
2. Павлов А.В. Теплофизика ландшафтов. Новосибирск, Наука, 1979, с.285.
3. Перльштейн Г.З., Буйских А.А., Гулый С.А. Повышение несущей способности мерзлых грунтов с помощью тепловых насосов // Основания, фундаменты и механика грунтов, М., 2001, №3. с 26–31.
4. Строительные нормы и правила. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. М., Стройиздат, 1988, с.51.
5. Instanes B. Permafrost engineering on Svalbard // International Workshop on Permafrost Engineering. Longyearbyen, Svalbard, Norway, 2000, p. 1–23.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОБЪЕКТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ

Пить В.И., Феклистов В.Н.
ООО НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень

THE EXPERIENCE OF THE ENGINEERING-GEOLOGICAL MONITORING ON THE OBJECTS WHERE THERMOSTABILIZERS ARE IN USE

Pit' V.I., Feklistov V.N.
Scientific Production Company "Fundamentstroiarcos" Tuymen

The problem of the engineering-geological monitoring on the objects where thermal stabilization of a frozen ground by the cooling devices takes place is considered. These devices are made by SPC "Fundamentstroiarkos".

The purposes of frozen ground monitoring are specified and the actions that are necessary while monitoring are given in the report.

The basic attention is given to the temperature monitoring. Devices and the equipment are listed and characterized and also the perspective methods and means are given.

Одним из наиболее эффективных способов укрепления грунтов в районах вечной мерзлоты является их термостабилизация при помощи охлаждающих устройств. Такие устройства производит, монтирует на объектах и осуществляет за ними эксплуатационный контроль ООО НПО Фундаментстройаркос (г. Тюмень). Это следующие устройства:

- термостабилизаторы типа индивидуальные термоколонки ТК;
- сезонно-охлаждающие глубинные устройства СОУ (далее – СОУ);
- системы горизонтальные естественно-действующие трубчатые ГЕТ (далее – ГЕТ);
- системы вертикальные естественно-действующие трубчатые ВЕТ (далее – ВЕТ).

Инженерно-геокриологический мониторинг (далее – мониторинг), проводимый специалистами ООО НПО Фундаментстройаркос, предназначен для сбора достоверных данных по температурному и деформационному состоянию грунтов оснований, работоспособности охлаждающих устройств, обеспечивающих несущую способность, устойчивость и долговечность фундаментов и надземных конструкций, фиксацию погодных условий.

Мониторинг состоит из комплекса мероприятий, который включает в себя:

- наблюдение за температурами грунтов оснований [1,2];
- наблюдение за деформациями фундаментов и оснований [3];
- измерение температур на элементах конденсаторной части устройств;
- контроль давления в системах в системах ГЕТ и ВЕТ;
- измерение температур окружающего воздуха;
- визуальный контроль работоспособности устройств;
- измерение скорости ветра - для оценки процессов теплообмена между устройствами и окружающим воздухом;
- оценка влажностного состояния грунтов оснований;

В данной работе основное внимание уделено температурному мониторингу.

Мониторинг вечномерзлых грунтовых оснований сооружений – неотъемлемая часть их правильной эксплуатации в условиях вечной мерзлоты. При оттаивании вследствие антропогенного воздействия и неправильной эксплуатации, грунты теряют свою несущую способность, что приводит к деформациям и разрушениям зданий и сооружений, что может иметь катастрофические последствия. Наша задача – в процессе мониторинга оценить и спрогнозировать температурное состояние наблюдаемого грунтового основания и дать заключение о работоспособности наших охлаждающих устройств. Измерения температуры грунтов выполняют в заранее подготовленных и выстоянных скважинах переносными или стационарными термоизмерительными комплектами, представляющими собой гирлянды электрических датчиков температуры с соответствующей измерительной аппаратурой. Расположение термоскважин зависит от сооружения, за которым ведется наблюдение. Термоскважины могут быть вертикальными (например, вдоль опор нефтепровода), наклонными (например, вдоль железнодорожного полотна), горизонтальными (например, под днищами нефтяных резервуаров). Комплект для измерения температуры грунтов в скважинах представляет собой гирлянду (сборку) электрических датчиков температуры (так называемые – «термокосы»), расположенных в соответствии с глубиной точек измерения. Для измерения температур в настоящее время применяют 2 типа датчиков: аналоговые и цифровые. В первом случае – это термометры сопротивления, термисторы, термопары, во втором случае – термохроны и чувствительные элементы DS18B20.

Средства для проведения температурного мониторинга:

Термокосы производства завода Эталон (г. Омск) - представляют собой набор платиновых термометров сопротивления различной длины, собранные в пучок, с выходным разъемом на вторичный прибор. Обычно мы применяем 12-ти метровые косы, состоящие из 10-ти термометров сопротивления, позволяющие измерять температуры грунта на глубине 10 метров. Термокосы работают с вторичным прибором – измерителем температуры портативным микропроцессорным ИТПМ. Следует отметить, что эти термокосы довольно громоздки и создают неудобства при мониторинге, поэтому мы сейчас параллельно работаем с термокосами ООО Стройгеос основания (г. Москва).

Поверхностные накладные термометры сопротивления (завод Эталон, г. Омск) мы используем для контроля температур по длине поверхности теплоотдающих и тепловоспринимающих элементах различных охлаждающих устройств.

Термокосы ООО Стройгеос основания работают на термисторах совместно с вторичным прибором. Эти термокосы легки и удобны при эксплуатации. Диаметр термокосы независимо от количества датчиков (которые расположены в морозостойком полипропиленовом кожухе), составляет всего 4 мм.

Термокосы ФГУП Фундаментпроект, г. Москва. В качестве термодатчиков используются чувствительные элементы промышленных медных термометров сопротивления с номиналом сопротивления 100 Ом. Термокосы работают с вторичным прибором ЭТЦ-0,1/10.

Термохроны или Thermochron iButton™, с корпоративным обозначением DS1922, являются уникальными устройствами температурного мониторинга. Такие регистраторы серийно выпускаются американской фирмой Dallas Semiconductor Corp. с июня 1999 года. Назначение устройств ТЕРМОХРОН следует из самого их названия, которое можно перевести дословно как "температурные часы". Другими словами ТЕРМОХРОН позволяет регистрировать температурные значения, измеренные через определенные, заранее заданные, промежутки времени и сохранять полученную информацию в собственной энергонезависимой памяти. Причем вся электронная начинка устройства ТЕРМОХРОН размещается в миниатюрном корпусе из нержавеющей стали, который позволяет этому температурному регистратору выдерживать удары, вибрации, быть устойчивым к магнитным и электростатическим полям, а также оставаться работоспособным при загрязнении или погружении в жидкость. Собранная из термохронов, заранее запрограммированная на временную регистрацию температуры, термогирлянда может находиться месяцами в термоскважине. Снятие показаний с термохронов за прошедшее

время можно осуществить в любое удобное время. Термохроны хорошо зарекомендовали себя на нашем полигоне и их широкое применение на наших объектах мониторинга несомненно.

Пирометры используют для измерения температур надземной части охлаждающих устройств.

В момент проведения измерений в грунте проводят измерения температуры воздуха и скорости ветра с помощью термоанемометра ТТМ-2.

Кроме этого, данные по температуре и влажности воздуха, скорости ветра, количеству осадков и величине солнечной радиации контролируют по сведениям местной метеостанции. Аппаратура и приборы для измерения температуры перед началом и после окончания измерений, а также после выявления и устранения неисправностей, проверяют путем сопоставления их с образцовыми мерами.

Проверку выполняют в криостате F34-МС (Германия) путем сопоставления показаний проверяемого рабочего датчика с показаниями установленного в тех же условиях эталонного образцового платинового термометра сопротивления ЭТС-100 (ВНИИМ им. Менделеева, Санкт-Петербург).

Заслуживает внимание в перспективе автоматизированная система температурного мониторинга вечномерзлого грунта АСТИ (Геолинк Консалтинг, г. Москва), которая позволяет осуществить:

- измерение температур по глубине термометрических скважин;
- запись профилей температур в память приборов;
- работу приборов, как в автономном режиме, так и в телеметрической сети;
- передачу информации в единую базу данных;
- анализ температурных профилей и циклов изменения температуры;
- построение температурных карт и температурных разрезов;
- расчет несущей способности;
- герметичную защиту термоскважины с размещенным в ней оборудованием при помощи специального оголовка от вандальных действий.

Система работает при помощи модемной связи на расстоянии до 10 км. Стоимость одной оборудованной термоскважины составляет около 200 тыс. рублей.

Применение таких систем целесообразно, по нашему мнению, при мониторинге термостабилизации грунтов под нефтяными резервуарами, где используют системы ГЕТ. Для контроля температур достаточно под резервуаром установить две горизонтальные термоскважины (термопопечники), оборудовав их автоматизированной системой АСТИ. Следует подчеркнуть, что все приборы и датчики проверяются в работе на нашем испытательном полигоне, где функционируют все разновидности наших охлаждающих устройств.

При мониторинге на объектах наши специалисты оперативно передают по электронной почте полученную ими информацию, и здесь на месте она изучается и обрабатывается. Такая оперативность позволяет избежать негативных явлений или вовремя их устраниить.

ООО НПО Фундаментстройаркос неуклонно развивает политику мониторинга при термостабилизации грунтов, применяет современные методы и оборудование, расширяет области мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 25358. Грунты. Метод полевого определения температуры.
2. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
3. ГОСТ 24846. Грунты. Методы измерения деформаций.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СОУ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ В ООО НПО «ФУНДАМЕНТСТРОЙАРКОС»

Плеханов С.В., Вельчев С.П., Лукашин А.Ю.
ООО НПО «Фундаментстройаркос».

THE TECHNOLOGY OF THE INDIVIDUAL SEASONALLY WORKING COOLING THERMOSTABILIZERS PRODUCING IN THE SPC "FUNDAMENTSTROIARKOS"

Plekhanov S.V., Vel'chev S.P., Lukashin A.Yu.
Scientific Production Company "Fundamentstroiarkos", Tyumen

In the SPC "Fundamentstroiarkos" the seasonally working cooling thermostabilizers production is tuned. Such thermostabilizers are necessary for the freezing of thawed and plastic rocks.

The basis of the given technology is in the use of high-quality materials, special equipment, and application of special welding technique (welding by a rotating arch) with the all-parameter computer control.

Thermostabilizers that are made using such technology are reliable and durable for operation in the conditions of Far North.

Технология производства индивидуальных сезонно-охлаждающие устройства, термостабилизаторов, включает подготовку конструкторской документации, технических требований по выполнению работ,

маршрутных карт изготовления комплектующих деталей и узлов, инструкций по выполнению определенных видов работ, инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации специального оборудования, используемого при изготовлении термостабилизаторов.

Изготовление термостабилизаторов производится с использованием соответствующей техники, технологической оснастки, аттестованными специалистами, обеспечивающими качество выполняемых операций в соответствии с требованиями конструкторской документации, стандартов, технических условий. Применяется 100%-ый контроль всех операций.

Термостабилизатор представляет собой герметичную неразъемную конструкцию из труб, заправленную хладагентом, и состоящую из надземной части – конденсатора и подземной - охлаждающей трубы.

Основные параметры и характеристики термостабилизаторов:

- общая длина от 10 до 15 м;
- наружный диаметр корпуса 33,7 мм;
- наружный диаметр теплоотдающего элемента 67,0 мм;
- высота наземной части до 3 м;
- хладагент - очищенный от влаги углекислый газ или аммиак;
- максимальное рабочее давление 4,0 МПа для углекислоты и 0,4 МПа для аммиака;
- масса от 30,0 до 45,0 кг.

Для изготовления корпуса термостабилизаторов применяют бесшовные горяче – и холоднодеформируемые трубы из низколегированной стали марки 09Г2С по ГОСТ 19281, для сталей повышенной прочности. В качестве заготовки для изготовления теплоотдающего элемента, подземной части термостабилизатора, используется алюминиевая труба АД1 по ГОСТ 4784, предназначенная для изготовления изделий методом холодной деформации.

Качество и технические характеристики материалов, применяемых для изготовления термостабилизаторов, подтверждены паспортами или сертификатами заводов - изготовителей.

Изготовление комплектующих узлов и деталей термостабилизаторов выполняется в строгом соответствии с конструкторско-технологической документацией. Узел заправки проходит пневматическое испытание на герметичность. Изготовление теплоотдающего элемента производится на прокатном стане ХРПТ (холодная прокатка реберных труб), производительность которого за сутки 210 шт. Комплектующие изделия для изготовления термостабилизаторов проходят проверку на соответствие конструкторской документации, с оформлением акта сдачи-приемки установленного образца.

Сборка и сварка термостабилизаторов выполняются на сварочном оборудовании МД101Г, оснащенном компьютерным контролем параметров сварки. Для сварочных машин была проведена аттестация технологии и оборудования по нормативам НАКС (национальная ассоциация контроля и сварки). Получено свидетельство, подтверждающее гарантию качества сварных соединений (№АЦСТ-44-00039, 36-00053, 10-00894).

На линии сборки используются четыре сварочные машины, на которых производится сварка (см. рис. 1):

- корпуса (поз. 2);
- корпуса и заправочного узла (поз. 2,3);
- корпуса и теплоотдающего элемента (поз. 1,2);
- наконечника и заправочного узла (поз. 3,4).

Компьютерный контроль параметров сварки при изготовлении термостабилизаторов выполняется в объеме 100%. После сварки каждого сварного шва на мониторе компьютера, автоматически выводятся данные о сваренном стыке. Происходит считывание всех измеряемых величин, которые представлены в виде графиков и диаграмм: тока, напряжения сварки, напряжения трех фаз и давления (см. рис. 2). Также на мониторе отображается заключение о годности или негодности стыка. Если шов соответствует установленным параметрам, то в окне выводится строка «ШОВ №2 ГОДЕН» со значениями параметров. Если же шов не прошел по параметрам, то окно принимает красный цвет, и выводится информация: по каким причинам произошел сбой. Внутренняя сеть позволяет просматривать параметры работы машин в режиме реального времени. Параметры сварки с каждой машины передаются посредством внутренней сети для проверки в ОТК. Они выражены

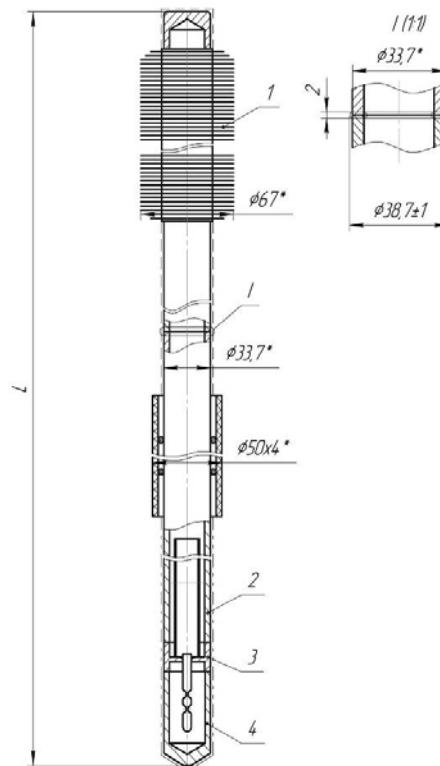


Рис. 1. Схема размещения сварочных машин на линии сборки.

таблицах и графиках (см. рис. 3). Наряду с компьютерным контролем осуществляется ВИК (визуально-измерительный контроль).

Заправка и испытание на прочность, плотность термостабилизаторов теплоносителем производится в базовых условиях. В качестве теплоносителя используется углекислый газ или аммиак. Количество заправленной углекислоты в термостабилизаторе определяется весовым методом, а аммиака – по уровнемеру. Посты заправки позволяют одновременно проводить заправку до четырех термостабилизаторов.

Покраска термостабилизаторов надземной части выполняется антикоррозионными композициями: 2 слоя – цинотан по ТУ 2312-017-12288779, 1 слой - алюмотан по ТУ 2312-018-12288779. Подземная часть покрывается праймером в 2 слоя. Цинотан представляет собой композицию на основе полиуретанового лака и высокодисперсного порошка – цинка. Алюмотан – это суспензия алюминиевой пудры и функциональных добавок в полиуретановом лаке и смеси органических растворителей. Данный вид покрытия применяется для всех климатических районов. Является стойким в морской и пресной воде, водных растворах солей, кислот и щелочей, нефти и нефтепродуктах.

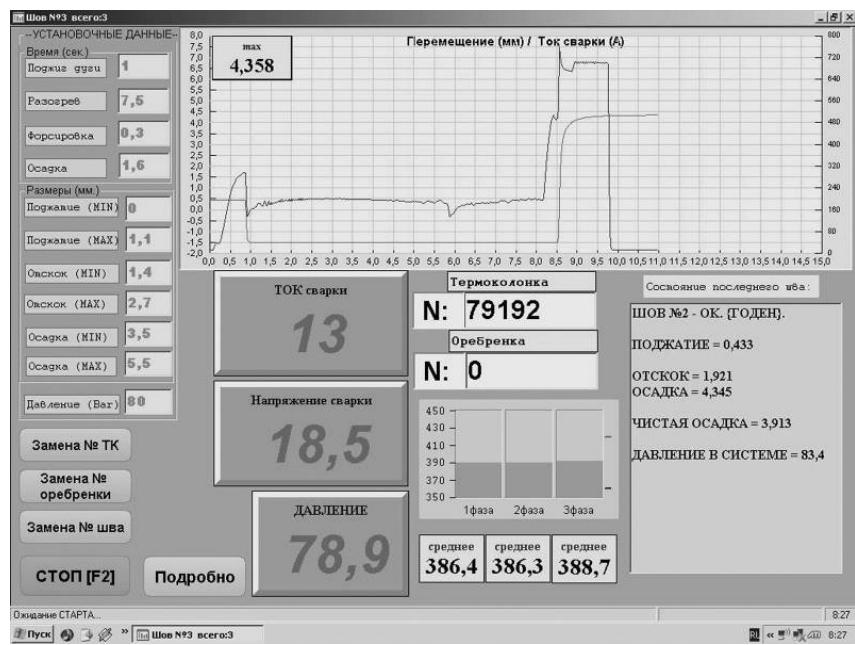


Рис. 2. Вид окна программы при считывании всех измеряемых величин.

Установка: 101 ГМ-1 Объект: Наклонный заправочный узел Партия: №508 Тип изделия: ТКЭЛ/2.4М5У-II Дата производства: 05-февраль-2008 Оператор установки: Ласково Погодные условия: +15 Свариваемая труба (диам): 33,7x3,5 Давление в масляной системе сварочной установки (МПа): 85 Зазор между свариваемыми трубами (мм): 1,5 Время максимума процесса сварки (сек): 0,9 / 7,4 / 0,3 / 1,6 Перемещение 1 (мм) (корпоративные пределы при покачивании труб): от 0,00 до 1,00 Перемещение 2 (мм) (корпоративные пределы при отклонении от горизонтали для подачи дуги и разогреве труб): от 1,40 до 2,60 Перемещение 3 (мм) (подача труб при разогреве) Перемещение 4 (мм) (корпоративные пределы чистой осадки труб - это есть разница между чистой осадкой и покачиванием труб): от 3,30 до 5,50																	
№ п/п	№ ТК	№ Оребр.	№ Шва	Перемещение (мм)			I сварки [A]			II сварки			Напряжение сети [В]	Давление [Па]			
				1	2	3	4	погрэс	разогрев	форсировка	1-фаза	2-фаза	3-фаза				
				MAX	MAX	MIN	MAX	Осадка	MAX	СРЕДНЕЕ	MAX	СРЕДНЕЕ	СРЕДНЕЕ	СРЕДНЕЕ	СРЕДНЕЕ		
1	77766	0	1	0,62	-1,37	0,61	4,26	242	177	707	26,3	386	389	388	87	ГОДЕН	
2	77767	0	2	0,41	-1,46	-1,47	-0,59	4,42	243	180	676	26,0	384	387	386	88	ГОДЕН
3	77768	0	3	0,08	-2,00	-2,01	-0,80	4,15	242	178	722	27,9	383	388	387	85	ГОДЕН
4	77774	0	4	0,64	-1,82	-1,82	0,59	4,41	241	169	712	28,6	386	389	389	88	ГОДЕН
5	77775	0	5	0,56	-1,91	-1,92	-0,84	4,23	242	170	713	28,8	386	389	388	87	ГОДЕН
6	77776	0	6	0,52	-1,71	-1,72	0,00	4,05	242	167	726	29,8	386	389	388	87	ГОДЕН
7	77760	0	7	0,48	-1,68	-1,69	0,39	4,25	242	175	698	27,1	386	389	388	87	ГОДЕН
8	77761	0	8	0,41	-1,93	-1,94	-1,13	4,18	242	169	694	29,1	385	388	387	87	ГОДЕН
9	77762	0	9	0,63	-1,85	-1,86	-0,50	4,04	242	165	708	30,4	385	388	387	87	ГОДЕН
10	77763	0	10	0,31	-1,87	-1,87	0,17	4,21	242	171	691	28,4	385	388	388	87	ГОДЕН
11	77764	0	11	0,38	-1,70	-1,71	0,18	4,20	242	169	691	29,0	386	389	388	86	ГОДЕН
12	77765	0	12	0,67	-1,70	-1,71	10,22	-0,57	241	-1	-2	13,3	389	392	391	87	Справа сварка
13	77765	0	12	0,00	-2,37	-2,38	2,30	4,19	242	168	677	31,5	383	387	387	86	ГОДЕН
14	77803	0	13	0,47	-1,75	-1,76	-0,60	4,10	241	170	712	28,6	386	389	389	86	ГОДЕН
15	77802	0	14	0,74	-1,69	-1,70	0,74	4,38	242	171	700	28,1	386	389	389	87	ГОДЕН
16	77803	0	15	0,58	-1,73	-1,73	0,01	4,15	243	174	723	27,8	386	389	388	86	ГОДЕН
17	77888	0	16	0,67	-1,90	-1,91	1,08	0,58	242	87	-2	28,5	388	391	390	87	Над сваркой
18	77888	0	16	0,05	-2,11	-2,11	-1,40	-2,01	242	-1	-2	11,6	389	392	391	86	Справа сварка
19	77888	0	16	0,35	-1,77	-1,78	-0,45	4,47	242	178	720	26,3	386	389	388	87	ГОДЕН
20	77791	0	17	0,28	-1,94	-1,95	-1,29	4,42	242	175	704	27,6	386	389	388	87	ГОДЕН
21	77792	0	18	0,53	-1,71	-1,72	0,53	4,48	242	170	706	28,4	386	388	388	87	ГОДЕН
22	77794	0	19	0,37	-1,73	-1,74	0,34	4,37	242	172	715	27,7	383	388	388	87	ГОДЕН

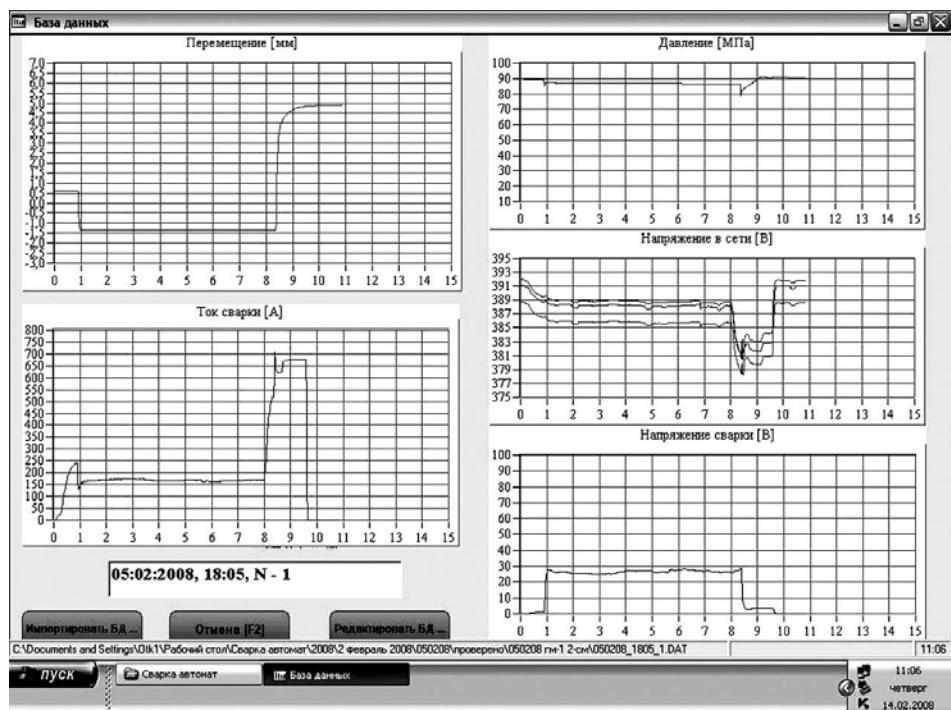


Рис. 3. Вид окна программы при считывании параметров сварки.

Контроль толщины покрытия проводится прибором – толщиномером PosiTector 6000. Также проводится визуальный осмотр. Не допускаются подтеки, включения, механические повреждения.

Участок термостабилизатора, находящийся в зоне сезонного промерзания-оттаивания, выполнен с усиленной тепло-, гидроизоляцией. Применение данного вида изоляции обеспечивает гарантированную антикоррозионную защиту, а также более эффективную работу термостабилизатора.

Термостабилизаторы упаковываются в пакеты, состоящие из деревянных щитов. Между рядами прокладываются ложементы. Разработаны три вида упаковок для автомобильных, железнодорожных и морских перевозок. Упаковка гарантирует сохранность изделий при перевозке до места проведения монтажа.

Процесс производства термостабилизаторов сопровождается пооперационным контролем изготовления отдельных деталей и узлов, выполнением специальных видов работ с заполнением соответствующих актов и предъявлений, проверкой сертификатов на материалы.

Таким образом, данная технология изготовления сезонно-охлаждающих устройств, термостабилизаторов, с использованием высококачественных материалов и современного сварочного оборудования с компьютерным контролем параметров сварки является наиболее совершенной, эффективно реализованной на практике в производственных условиях. Высокая технологичность изготовления, усиленная антикоррозионная защита обеспечивают надежность и долговечность термостабилизаторов, предназначенных для работы в условиях арктического севера на всем протяжении срока службы зданий и сооружений.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЧИСЛЕННОГО ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТОВ “ОБУСТРОЙСТВО ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЗАПОЛЯРНОГО НГКМ И БОВАНЕНКОВСКОГО НГКМ”)

Рябов В.А., Попов А.П.
ОАО “ВНИПИгаздобыча”, г. Саратов

IMPROVEMENT OF NUMERICAL GEOCRYOLOGICAL FORECAST TECHNOLOGY FOR SOLVING PROBLEMS OF BASEMENT DESIGNING IN PERMAFROST AREA (BASED ON THE “INFRASTRUCTURE OF GAS-CONDENSATE DEPOSITS OF ZAPOLYARNOYE AND BOVANENKOVO GAS-CONDENSATE FIELDS” PROJECTS)

Ryabov V.A., Popov A.P.
OJSC “VNIPIgazdobycha”, Saratov

Authors carried out the numerical forecast of permafrost temperature regime changes of the main gas-field foundations under the technogenic operational impact. The work is based on the realization of cryotechnological forecasting methodological principles, by means of multivariate computational experiment setting.

In opposite to the traditional practice of "zero cycle" engineering structures designing under the permafrost conditions, the practical realization of the results allows some steps for the engineering protection of foundations from dangerous cryogenic processes. It also allows calculating the parameters of technical solutions on artificial control of bearing characteristics of frozen soils, to design reliable and sustainable foundations even in the conditions of global warming.

Российский строительный рынок имеет свои особенности связанные с климатическими характеристиками регионов строительства. Около 70 % территории – зона распространения многолетнемерзлых пород.

Система нормативной документации в строительстве [1] рекомендует использовать при проектировании оснований и фундаментов преимущественно стационарные модели оценки техногенного температурного воздействия инженерных сооружений на ММП. Численный геокриологический прогноз [2] предписывается выполнять лишь на этапе "Инженерные изыскания" для обоснования выбора принципа использования грунтов оснований.

Как свидетельствует многолетняя практика, техногенные воздействия при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений газодобывающего комплекса на этих территориях приводят к активизации деструктивных экзогенных геокриологических процессов, которые в свою очередь вызывают аварийно-опасные деформации зданий, трубопроводов и отказы технологического оборудования.

На основе реализации методологических принципов криотехнологического прогнозирования [3,4,5], посредством постановки и проведения многовариантного вычислительного эксперимента, авторами выполнен численный прогноз изменений температурного режима вечномерзлых грунтов оснований основных газопромысловых объектов УКПГ-1В, УКПГ-2В Заполярного НГКМ и ГП-1, ГП-2, ГП-3 Бованенковского НГКМ при техногенном эксплуатационном воздействии.

Реализованная схема вычислительного эксперимента предусматривала выделение на площадках строительства типичных инженерно-геокриологических условий, построение соответствующих карт, "привязку" картографического материала к генеральному плану УКПГ, анализ технологических разделов проекта с выделением типичных техногенных температурных воздействий для каждой строительной позиции по генплану. В результате была сформирована "матрица" исходных техногенных воздействий для типичных грунтов площадок УКПГ и газовых промыслов.

Далее произведена постановка серии задач, реализующих численное решение уравнения теплопроводности в постановке Стефана, описывающего нестационарный теплообмен в пространственно ограниченной анизотропной среде (инженерно-геокриологический разрез) с наличием в последней источников холода (сезоннодействующие паражидкостные трубчатые охлаждающие системы).

Окончательные результаты по объектам, повышенного класса ответственности представлены на рис.1,2.

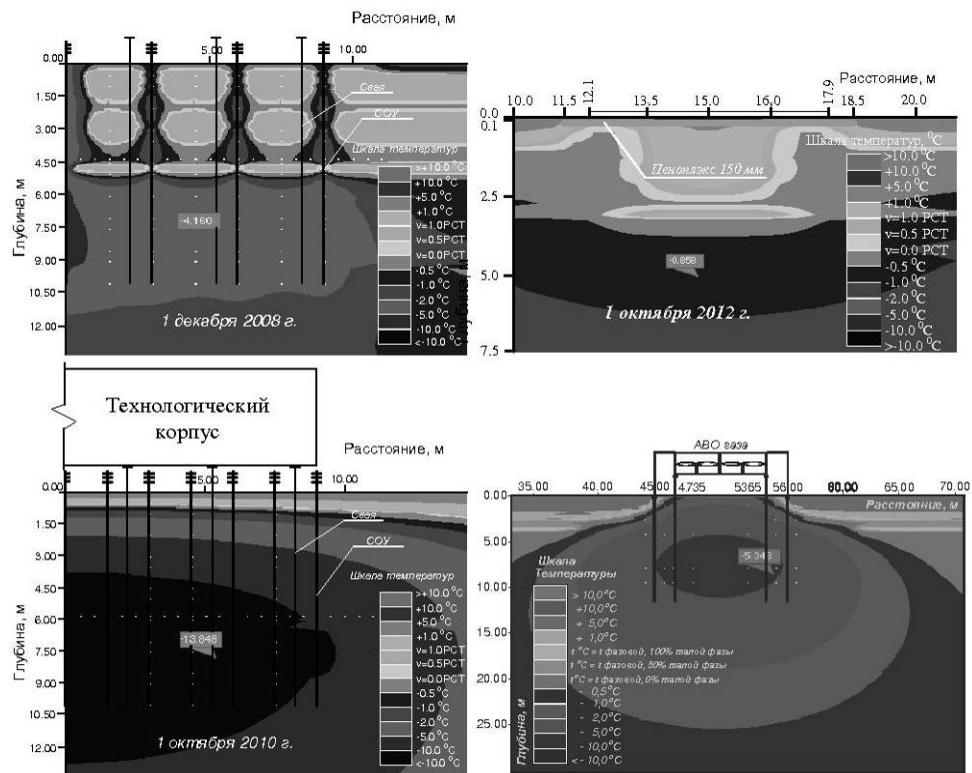


Рис. 1. Фрагменты температурных полей грунтов оснований объектов обустройства газодобывающих промыслов и транспорта газа

Схема вычислительного эксперимента предусматривала многовариантную "реализацию" в вычислительной модели полного цикла строительства сооружений УКПГ И ГП, а именно "грунтовая насыпь -

искусственное промораживание в процессе строительства до передачи нагрузок на фундамент - 30-летний эксплуатационный период – моделирование отказа охлаждающих устройств".

По результатам вычислительного эксперимента определены ключевые особенности обеспечения надежности всех оснований и фундаментов основных газопромысловых объектов (добыча скважины, система сбора газа, здания и сооружения системы подготовки к дальнему транспорту). Проработана методология обоснования критериальных параметров надежности добывающих геотехнических систем в криолитозоне на этапе "Рабочая документация".

Практическая реализация предлагаемой технологической схемы свидетельствует о том, что использование в качестве основного инструмента при проектировании оснований и фундаментов методологических принципов вычислительного эксперимента, реализующего численный геокриологический прогноз позволяет добиться положительного технического результата, даже в условиях строительства на высокольдистых, засоленных грунтах при освоении природных ресурсов месторождений полуострова Ямал.

В отличие от традиционного подхода к проектированию "нулевых циклов" инженерных сооружений для условий криолитозоны, применяемая технология позволяет обоснованно проектировать мероприятия по инженерной защите оснований от опасных криогенных процессов, обоснованно рассчитывать параметры технических решений по искусственному управлению прочностными характеристиками мерзлых грунтов, проектировать надежные и устойчивые фундаменты даже в условиях глобального потепления климата.

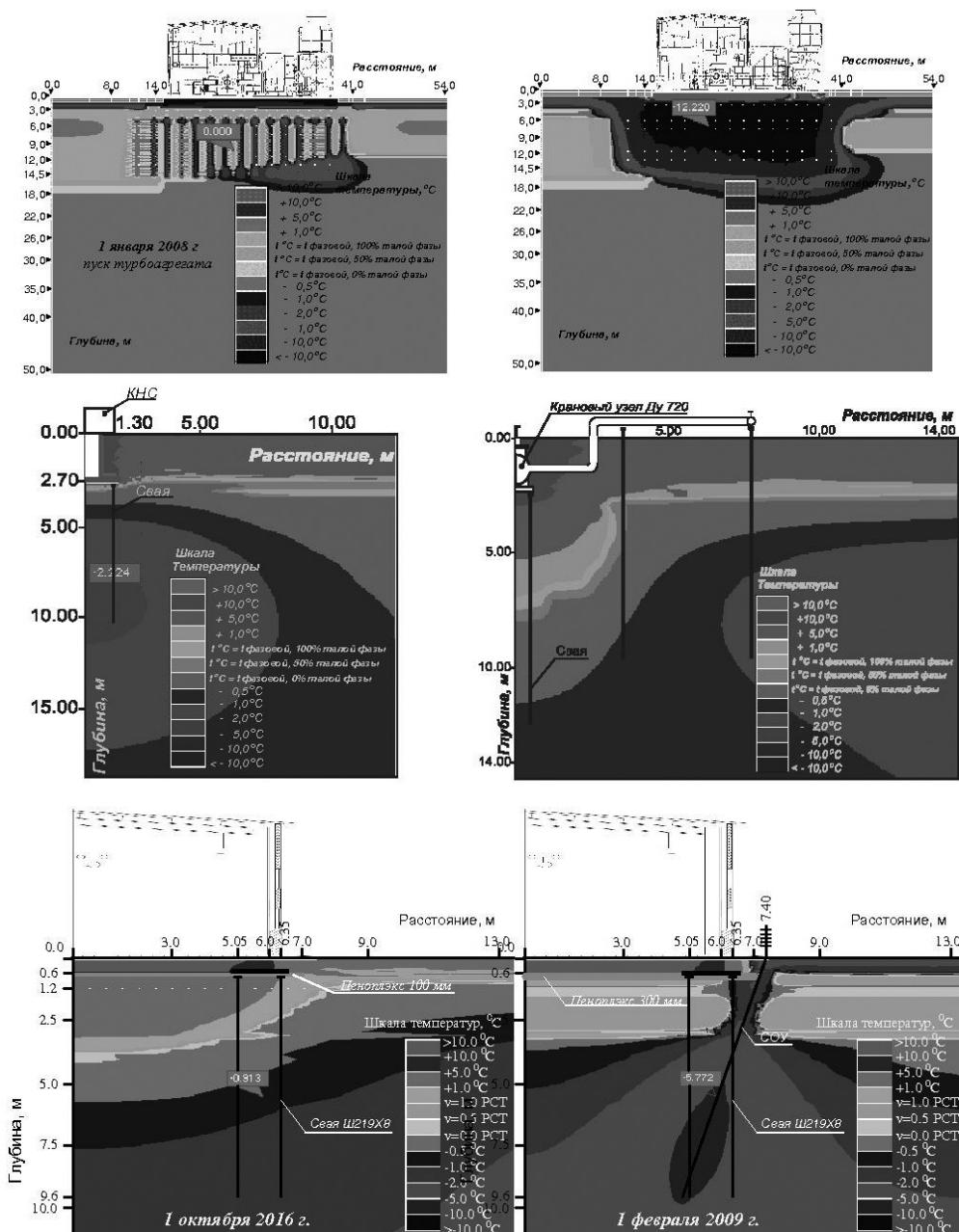


Рис. 2. Фрагменты температурных полей грунтов оснований объектов обустройства газодобывающих промыслов и транспорта газа

На рис. 3 представлена предложенная авторами принципиальная схема "взаимодействия" при разработке сопряженных разделов Проекта.



Рис. 3. Принципиальная блок-схема разработки раздела "Термостабилизация грунтов" (ТС) и его "взаимодействия" с сопряженными разделами Проекта - Инженерные изыскания (ИИ), Генеральный план (ГП), Технология производства (ТХ), Основания и фундаменты (ОФ), Геотехнический мониторинг (ГМ)

ЛИТЕРАТУРА:

- СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М.: Госстрой России, 1998.
- РСН 67-87. Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами. – Госстрой России, 1987.
- Попов А.П. Математическое моделирование процесса теплового взаимодействия объектов газодобычи и многолетнемерзлых пород // Уфа: УГНТУ, 1996.-46 с.
- Попов А.П. Геокриологический прогноз как основа оптимального решения по реконструкции нулевых циклов газопромысловых сооружений на крайнем Севере // Повышение эффективности освоения газовых месторождений крайнего Севера / Под ред. Р.И. Вяхирева. М.: Наука, 1997. с. 374-388.
- Надымгазпром: геотехмониторинг в криолитозоне / Ремизов В.В., Кононов В.И., Попов А.П. и др. // М., ИРЦ Газпром, 2001, с.148 .
- Попов А.П. Управление геотехническими системами газового комплекса в криолитозоне. Прогноз состояния и обеспечение надежности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук // Тюмень, ИКЗ СО РАН 2005, с.48.

ТИПИЗАЦИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРУБОПРОВОДОВ

Самсонова В.В.¹, Манухин Б.А.¹, Попов А.П.², Дручина О.Е.¹

¹Институт криогенных ресурсов ТюмГНГУ-ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень;

²ОАО «ВНИПИгаздобыча», г. Саратов.

TYPE ASSIGNMENT OF PERMAFROST CONDITIONS AND FORECAST MODELING FOR THE PIPELINE GEOTECHNICAL MONITORING SYSTEMS DESIGN

Samsonova V.V.¹, Manukhin B.A.¹, Popov A.P.², Druchina O.E.¹

¹Institute of Cryogenic Resources, Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen Science Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tyumen

²OJSC “VNIPIgazdobycha”, Saratov

Numerous Russian design companies now began to develop some sections of geotechnical monitoring in the pipeline system projects. Embankments of pipelines are less frequently inspected than the field-exploration objects; their conditions are significantly depending on environmental dynamics. Particular characteristics of underground

pipelines complicate these projects development. Some solutions of the methodic problems are proposed. They were implemented in the project of pipeline geotechnical monitoring under the discontinuous permafrost conditions of Western Siberia. This is the method of field data processing for the further type assignment of geological engineering conditions. The results are used to estimate the conditions along the route in general and in the area of direct interaction with adjacent soils in particular, as well as to design the observation network elements layout for different-purpose forecast modeling. Additional controlled parameters and implementation of permafrost background monitoring are included to the system of monitoring in order to ensure the accuracy of the forecast modeling, to establish the causes of dangerous cryogenic processes and loss of reliability of underground pipeline bottom soils under the climate changing conditions.

Необходимость проведения работ по геотехническому мониторингу (ГТМ) обусловлена международным опытом обязательного геотехнического сопровождения проектов строительства и эксплуатации ответственных объектов. Анализ проблем эксплуатации систем магистрального транспорта в криолитозоне России и зарубежных стран показал, что устойчивость сооружений во многом определяется качеством изысканий и проектных решений по сохранению стабильности состояния грунтов основания. В сложных инженерно-геологических и климатических условиях вероятность геотехнической аварии резко возрастает. Например, в Западной Европе вероятность возникновения геотехнической аварии составляет 0,25 (1000 км × год), тогда как в Колумбии и Боливии (Анды) процент возникновения геотехнических аварий составляет 2,6 (1000 км × год). В Канаде на инспектирование и содержание нефтегазопроводов тратят более 50 000 000 USD в год. Отсутствие геотехнического сопровождения проектов строительства и эксплуатации в мировой практике фактически исключает страхование рисков.

В настоящее время ряд проектных организаций приступил к разработкам разделов ГТМ в проектах систем магистрального трубопроводного транспорта. Основания трубопроводов обследуются реже, чем промысловых объектов, их состояние в большей степени зависит от динамики природной среды. Проектирование оснований линейных объектов магистрального транспорта осуществляется при более слабом информационном обеспечении в части инженерно-геокриологических условий трассы. Отсутствие научно-методических основ разработки систем ГТМ для продуктопроводов и возможности непосредственного контроля состояния и соответствия проектному положению подземных трубопроводов, значительная протяженность и, как правило, разнообразие геокриологических условий осложняют процесс проектирования наблюдательной сети для линейной части и разработки геотехнического паспорта (документа регламентирующего деятельность по геотехническому мониторингу на этапе эксплуатации).

Поэтому магистральные трубопроводы следует признать, выделять и рассматривать в качестве особо сложной категории геотехнических систем - природно-геотехнических систем (ПГТС). Управляющими, лимитирующими взаимодействие, адаптирующими сооружение к вмещающей среде являются следующие особенности ПГТС магистрального транспорта: тип прокладки – постоянно действующая периодически изменяющая свое тепловое состояние подсистема, с неуправляемо изменяющимися свойствами грунтов обратной засыпки; теплоизоляция конструкции – не имеющий широкого применения постоянно действующий элемент; температура газа – изменяющийся технологически и под воздействием внешней среды параметр.

Выявить причины потери надежности грунтов основания подземного трубопровода на этапе проектирования, т.е. управлять состоянием взаимодействующей с конструкциями части инженерно-геокриологической среды, свойства которой изменяются под воздействием техногенной нагрузки и природных факторов, достаточно сложно. В этой связи возрастает роль ГТМ и усиливается значение информационного и прогнозного его блоков, что требует корректировки программы и методики наземного обследования и обработки натурных данных с учетом специфики ПГТС:

1. В целях прогнозного моделирования теплового взаимодействия линейной части продуктопровода с внешней средой, обязательного для всех этапов разработки и осуществления ГТМ, должны быть выделены участки с относительно однородным разрезом и свойствами инженерно-геологических элементов – выполняться типизация инженерно-геокриологических условий. На этапе «Проект...» типизация должна выполняться с учетом региональных, на этапе «РД» – локальных особенностей и характеристик инженерно-геокриологической среды, значимых для развития опасных криогенных процессов.

2. По результатам прогноза возможного развития опасных «процессов» и «деформаций» на этапе «Проект...» должны быть приняты, а на этапе «РД» откорректированы параметрические значения критериев надежности. К проблемам прогнозного моделирования на этих этапах относится отсутствие данных о температуре, влажности и плотности грунтов обратной засыпки, как этапе строительства, так и эксплуатации.

3. Большое значение для повышения адекватности моделей исходных данных и эффективности анализа результатов перспективного прогнозного моделирования имеет нормирование снеговых нагрузок в зоне взаимодействия трубопровода с вмещающей средой и на прилегающих к ней участках на этапе «РД» и их корректировка в процессе эксплуатации. Поэтому программа наземного обследования должна включать наблюдения за режимом фонового и техногенного снегонакопления.

4. Второй фактор, определяющий и регулирующий параметры сезонного и многолетнего взаимодействия ММП с трубопроводом – влажность и свойства грунтов обратной засыпки. Эти свойства не исследованы ни на этапе изыскательских работ (по трассе и карьерам), ни на этапе строительства. Необходимо предусмотреть соответствующий комплекс режимных исследований на этапе эксплуатации

Эти принципиальные положения были учтены и реализованы авторами в процессе разработки разделов ГТМ на стадии «Проект...» и «РД» для продуктопровода протяженностью около 200 км, расположенного на Севере Западной Сибири и пересекающего участки с различными типами распространения многолетнемерзлых пород (таблица). Одна треть от всей протяженности объекта находится в условиях ММП сливающегося типа и две трети в талой зоне (с заглубленной кровлей ММП). При этом в зоне трассы мощность деятельного слоя может варьировать от 0,5 – 0,9 м до 1,5 – 3,0 м.

Таблица. Встречаемость многолетнемерзлых пород на различных участках трассы

Номер района	Протяженность района (не включая переходы), км	Протяженность участков многолетнемерзлых пород,		Протяженность участков талых пород	
		км	%	км	%
1	13,85	8,05	59	5,6	41
2	3,65	2,15	58	1,55	42
3	8,15	0	0	8,9	100
4	3,7	1,6	43	2,15	57
5	11,8	1,7	14	10,15	86
6	45,55	6,6	14	39	86
7	32,15	1,65	5	29,6	95
8	16,6	8,75	53	7,9	47
9	15,05	13,7	91	1,4	9
10	7,1	6,75	94	0,4	6
ВСЕГО	157,6	50,95	32	106,65	68

Анализ материалов изысканий показал, что из 673 скважин, представленных на разрезах линейной части трассы (без переходов), в разрезе 307 встречены средне- и сильно пучинистые грунты. Один либо несколько горизонтов пучинистых грунтов до глубины 2 метра отмечены в разрезах 243 скважин, в интервале глубин 2–3 м – в разрезах 284 скважин. В разрезе 76 из 673 скважин встречены льдистые грунты. Один либо несколько горизонтов льдистых грунтов до глубины 2 метра имелись в разрезах 55 скважин, в интервале глубин 2–3 м – в 61.

В проекте продуктопровода использовано 7 типов технических решений для 14 типов разреза, в т.ч. подземным способом соответственно 5 и 10. При типизации в целях прогнозного моделирования на стадии "Проект..." было выделено 9 типовых разрезов грунтов. Типизация на стадии «РД» выполнялась на основе анализа массивов данных, полученных при систематизации литологической, геокриологической и инженерно-геологической информации продольных профилей трассы. Анализировались последовательность залегания и мощность инженерно-геологических элементов (ИГЭ), фазовое состояние массива грунта, максимальные глубины слоя сезонного оттаивания и промерзания, среднегодовая температура грунтов. Был сформирован массив данных для значительного количества участков (около 900), привязанных к пикетажу трассы и инженерно-геологическим скважинам, являющимся основным источниками геологической информации. По результатам анализа содержания продольного инженерно-геологического разреза трассы по однородности литологии, залегания и мощности ИГЭ выделено около 330 разновидностей участков, которые затем группировались уже по теплофизическим свойствам и были объединены в 66 типовых разрезов. Был проведен анализ типовых разрезов по трассе для выявления протяженности участков, предрасположенных при изменении и нарушении условий теплообмена на поверхности по строению и свойствам грунтов разреза до глубины 3 м к развитию особо опасных для сооружения криогенных процессов (пучению грунтов или развитию термокарста). Поскольку он выполнялся, исходя из отношения числа скважин, где были встречены пучинистые или льдистые грунты до глубины 3 м, к общему числу скважин, пройденных в пределах всех участков, отнесенных к одному типовому разрезу, его результаты позволили не только оценить условия трассы в целом, но и типовые разрезы по опасности развития процессов в зоне взаимодействия трубопровода с вмещающими грунтами. Типовые разрезы, в пределах которых таких скважин более 70 % отнесены к особо опасным, 40–70% – опасным, < 40% – менее опасным. Оказалось, что особо опасными типовыми разрезами представлено 53% от общей протяженности линейной части (без переходов), опасными – 17%, менее опасными – 30%. Кроме этого материалы типизации были использованы в процессе проектирования наблюдательной сети для рационального размещения элементов, используемых в целях как дистанционного, так и наземного контроля. При формировании моделей исходных данных для прогнозного моделирования на стадии «РД» типовые разрезы подверглись корректировке с учетом максимальной мощности деятельного слоя и температуры грунтов. Всего был выделен 81 расчетный тип разреза.

К наиболее проблемным вопросам обработки и интерпретации данных наблюдений ГТМ на этапе эксплуатации следует отнести неопределенность прогнозной оценки вероятности развития опасных криогенных процессов, обусловленных изменчивостью криогенных условий, связанных с пространственно-временной неоднородностью сред и теплообмена на поверхности. Межгодовая и долговременная изменчивость

температуры воздуха и режима природного и техногенного снегонакопления может оказать сильное влияние на эффективность проектных решений, тепловое состояние грунтовых оснований и эксплуатационную надежность продуктопровода. Для прогнозных расчетов обычно используются значения климатических показателей (СНиП 23-01-99), которые осреднены при обобщении данных, полученных в периоды изменения климата, не совпадающие по направленности и величинам трендов с современной тенденцией. Кроме этого большинство метеостанций, данные которых используются в проектах и при выполнении количественного геокриологического прогноза, находится в долинах рек, на значительном расстоянии от объектов и не отражают весь спектр микроклиматических условий в зоне трассы. Фактические данные о температуре грунтов, получаемые в процессе ГТМ, без сведений об изменчивости метеоусловий непосредственно в зоне объекта не позволяют оценить роль и вклад современного потепления в состояние грунтовых оснований.

Именно поэтому проектом системы ГТМ продуктопровода в качестве самостоятельного блока на стадии эксплуатации предусмотрен фоновый криосферный мониторинг. В целях информационного обеспечения краткосрочного и долгосрочного прогноза динамики геокриологической обстановки, связанной с изменениями климата, на стадии «Проект...» в состав работ и мероприятий по его организации и проведению включены:

- установка климатических станций на незатронутых хозяйственной деятельностью участках с не нарушенными условиями теплообмена на поверхности;
- проведение снегомерной съемки на прилегающей к объекту территории;
- создание сети наблюдательных площадок в фоновых не нарушенных ландшафтных условиях с обустройством скважин (параметрических, глубиной до 30,5 м; геотермических, глубиной до 10,5 м; метеорологических, глубиной до 3,5 м) для проведения в них режимных наблюдений с целью выявления пространственно-временных закономерностей и особенностей динамики температуры верхних горизонтов многолетнемерзлых пород, мощности, температуры и влажности грунтов деятельного слоя;
- обустройство площадок наблюдения за динамикой и интенсивностью опасных для сооружения криогенных процессов, проявляющихся в районе размещения объекта в фоновых условиях, в зоне взаимодействия сооружения и на сопредельных ему участках.

Оперативное получение данных о состоянии и динамике естественного криогенного потенциала территории в изменяющихся климатических условиях позволит: своевременно и качественно выполнять количественный геокриологический прогноз и определять истинную причину деформаций и отказов; осуществлять анализ эффективности разрабатываемых и использованных технических и технологических решений; усовершенствовать технологию управления состоянием объектов магистрального транспорта в криолитозоне.

ГИПРОТЮМЕННЕФТЕГАЗ И ОБУСТРОЙСТВО НЕФТИНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ БОЛОТ И ВЕЧНОМЁРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Соколов С.М., Горбатиков В.А., Биндер О.Л., Даниэлян Ю.С., Щербинин И.А.
ОАО «Гипротюменнефтегаз».

GIPROTYUMENNEFTEGAZ OIL FIELDS DEVELOPING UNDER CONDITIONS OF SWAMPS AND PERMAFROST

Sokolov S.M., Gorbatikov V.A., Binder O.L., Danielyan Yu.S., Shcherbinin I.A.
JSC “Giprotymenneftegaz”, Tyumen

The report gives a review of scientific developments and design solutions in the sphere of oil and gas construction on swamps and permafrost of West Siberia. These were developed and introduced by “Giprotymenneftegaz” in the decades of formation and development of fuel and energy complex in the region. The entire list of directions on this problem from the principles of field development, engineering construction and engineering baseline surveys to engineering solutions for construction of foundations, production sites, pipelines and motor roads inclusive is reviewed.

There the development sequence of constructive solutions and construction practices of oil production activity moving from swamps and soft ground of Middle Priob'e with their deep seasonal freezing to the areas of insular and solid permafrost distribution can be seen.

Under new conditions “Giprotymenneftegaz” experience in the sphere of oil-field construction in permafrost conditions was enlarged and expanded due to new Institute's activities related with the development of gas and gas-condensate fields and construction of oil, gas and gas-condensate pipelines.

“Giprotymenneftegaz” experience in the construction designing on swamps and permafrost will become the basis for renewal and further development of this industry-wide scientific direction under new conditions.

Обустройство нефтяных месторождений в условиях болот и вечномерзлых грунтов (ВМГ) является одним из главных и в настоящее время наиболее актуальных направлений отраслевой науки. Оно включает комплекс целевых геокриологических исследований, инженерно-строительные и инженерно-экологические изыскания и весь спектр инженерных решений по строительству промысловых объектов и систем в указанных условиях: технологические системы сбора и ППД, инженерная подготовка территорий строительства,

основания и фундаменты промысловых объектов и сооружений, кустовые основания и промплощадки, автодороги, системы электроснабжения, трубопроводы, коридоры промысловых коммуникаций.

Это направление было сформировано в Гипротюменнефтегазе с привлечением ведущих институтов страны в области строительства, таких как НИИОСП и Фундаментпроект, и развивалось одновременно с освоением месторождений региона, обустраиваемых по проектам Гипротюменнефтегаза, в соответствии с темпами и масштабами строительства. Его характерными особенностями являются планирование и финансирование на отраслевом уровне, комплексность содержания (натурные исследования, НИОКР, промысловые испытания, внедрение разработок в проекты и в производство), последовательность и преемственность работ, начиная с болот, слабых грунтов и глубокого сезонного промерзания Среднего Приобья и далее, следуя через островную мерзлоту с ее возможностями выноса основных сооружений на талые грунты, выход в районы сплошного распространения ВМГ.

Последовательность и преемственность конструктивных решений и методов нефтепромыслового строительства по мере продвижения нефтедобычи на север была реализована в конструкциях свайных фундаментов, в насыпях кустовых оснований, промплощадок и автодорог, в использовании нетканых синтетических материалов и местных строительных грунтов пониженного качества, в мерах по защите трубопроводов и аппаратов от замерзания, а мерзлых грунтов от растепления и во многом другом, что отражено в докладе.

Данное научное направление со всеми указанными составляющими было представлено в Гипротюменнефтегазе целым комплексом научных подразделений, большая часть которых была утрачена во время кризиса девяностых годов. Отдельные лаборатории этого направления, вынужденные уйти из института и пуститься в «свободное плавание», сумели выжить и сохранить свой научный потенциал. Среди них была и лаборатория систем охлаждения грунтов во главе с Г.М.Долгих, ныне преобразованная в НПО «Фундаментстройаркос», развившее и далеко продвинувшее свои исходные разработки и по праву занявшее ведущие место в отечественном фундаментостроении.

Однако в целом в настоящее время это направление как комплекс взаимосвязанных работ с ликвидацией системы отраслевой науки также прекратило свое существование – ни общеотраслевого планирования, ни системы, объединяющей все этапы работ от постановки задач до внедрения результатов, не стало. В то же время выход нефтегазодобычи в районы Крайнего Севера и масштабы ее развития в этих районах делают необходимым полномасштабное восстановление и развитие этого направления. В новых условиях это возможно путем введения общеотраслевых и региональных (Западная Сибирь, Республика Коми, Дальний Восток) программ, финансируемых и управляемых государством и частным предпринимательством совместно.

В докладе представлены основные результаты научных разработок и инженерные решения по всем составляющим нефтепромыслового строительства в условиях болот и вечномерзлых грунтов, а также последние данные, полученные Гипротюменнефтегазом при проектировании обустройства месторождений и магистральных нефте-, газо- и конденсатопроводов в условиях Крайнего Севера. Это в первую очередь методы расчётов теплового взаимодействия промысловых аппаратов, резервуаров и трубопроводов с мёрзлыми грунтами, различные конструкции насыпных оснований (охлаждаемые, проветриваемые, без специальных устройств), способы прокладки трубопроводов применительно к типовым мерзлотным условиям.

Институтом запроектировано обустройство целого ряда нефтяных и газовых месторождений и магистральных трубопроводов на ВМГ. Среди них месторождения: Сандинское, Ново-Уренгойское, Восточно-Уренгойское, Ево-Яхинское, Пеляткинское. Магистральные газопроводы: Пеляткинское газоконденсатное месторождение – Дудинка – Норильск, Находкинское месторождение – ГКС1-2 «Ямбургская» с подводным переходом через Тазовскую Губу. Конденсатопроводы: Пеляткинское ГКМ – Дудинка, Юрхаровское месторождение – Пуровский ЗПК. В докладе приведено обобщение опыта проектирования и строительства этих объектов.

МЕТОД СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ ПРОТЯЖКИ ТРУБОПРОВОДА В СКВАЖИНУ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Степанов О.С.

ООО «Холмогортрубопроводстрой», г. Тюмень;

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень.

**ENERGY MINIMIZING METHOD OF PIPE INJECTION INTO THE WELL USING THE TECHNOLOGY
OF SLANT-DIRECT WELLING**

Stepanov O.S.

JSC “Kholmogortruboprovodstroi”, Tyumen

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen

The purpose of the work was to minimize the energy and materials consumption, taking into account the combination of factors that influence both technological process and development of simulation model of pipeline construction control.

На современном этапе развития трубопроводного транспорта применение бестраншейных технологий вызвано необходимостью решения различных типов задач, возникающих при сооружении промышленных объектов. Во-первых, большинство магистральных и местных трубопроводов имеют в составе своей линейной части такие объекты как переходы, отличающиеся повышенной сложностью и высокой стоимостью сооружения.

Во-вторых, существует круг задач, которые не относятся непосредственно к трубопроводному транспорту, но могут быть с успехом решены именно с помощью методов бестраншейной прокладки. Такими задачами могут являться: санация трубопроводов; прокладка кабелей передачи данных; дополнительная установка систем аэродромных огней; подземное отопление; подключение вводов трубопроводов в дома и их обновление в существующем строительном фонде; прокладка трубопроводов на склонах; сооружение горизонтальных колодцев для понижения грунтовых вод; регулировка грунтовых вод – водоподъем; гидравлическая санация; осушение оползней; ирригация.

Ввиду того, что в последние десятилетия отмечена тенденция стремительного развития технологии наклонно-направленного бурения, именно эта технология позволяет решать такой широкий круг задач, так как большинство так называемых «традиционных» методов имеют весьма ограниченное применение.

В этих условиях себестоимость объекта и экономическая эффективность осуществления того или иного варианта решения задачи напрямую зависит от особенностей применения технологии для бестраншейной прокладки коммуникаций.

Очевидно, что для минимизации затрат при применении технологии наклонно-направленного бурения (ННБ) необходимо соблюсти два основных условия:

1. Правильно подобрать оборудование для производства работ, с целью исключения излишнего резервирования по мощности установки.

2. Подобрать наиболее экономичный режим работы установки в процессе производства работ, с целью снизить затраты энергии и максимально эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

Таким образом, для этого необходимо построение математической модели процессов, происходящих в скважине. И далее необходим расчет основных параметров процессов технологии ННБ, с использованием соответствующей методики. На сегодняшний день существует несколько различных методик расчета такого параметра, как тяговое усилие в процессе протаскивания трубопровода. Однако методики не совершенны и обладают рядом существенных недостатков.

Дело в том, что при всей простоте технологии ННБ, математические модели процессов, происходящих в скважине во время производства работ, могут быть достаточно сложными и иметь массу допущений, ввиду присутствия большого количества различных факторов, оказывающих влияние на основные параметры процессов в той или иной степени. Следствием этого является то, что в практике строительства управление процессом протаскивания трубопровода в скважину ведется визуально, а весь расчет параметров процесса, как правило, сводится к определению необходимого тягового усилия установки, причем только его максимального значения. Между тем, усилия возникающие при движении трубопровода в скважине напрямую зависят от скорости и ускорения движения и могут регулироваться при выполнении протаскивания с целью снижения нагрузки на установку, а следовательно и необходимой энергии для производства работ с применением технологии ННБ.

ЧИСЛЕННЫЙ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ С ОГРАНИЧЕННЫМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Туголуков Р.А., Рябов В.А.
ОАО “ВНИПИгаздобыча”, г.Саратов**

NUMERICAL PERMAFROST FORECAST AS A BASIS FOR DESIGNING OF STRUCTURES WITH LIMITED LIFE SPAN

**Tugolukov R.A., Ryabov V.A.
OJSC “VNIPIgazdobycha”, Saratov**

The task of “zero cycle” groups construction optimizing costs for the buildings that will be used for a limited period, becomes especially pressing while designing under the complex conditions of soils, e.g. construction of hydrocarbon fields of Yamal. Technical solutions for these structures are worked out according to the same “design models” as for the structures with the life span of 30 years. At the same time, “inadequate” expenditures on reliability assurance of construction companies bases in permafrost areas that are difficult to access, lead to the apparent increase of total construction cost.

The work presents studying of the numerical permafrost forecast using possibilities at the stage of designing with the purpose of optimizing technical solutions on “zero cycles”. The study is based on the practical example – “Cargo acceptance base on Se-Yakha River”.

The practical result of the study allowed reducing the «zero cycles» costs up to 17,8÷55,8% and recommending for the technical and processing solutions’ realization that provides incident-free and reliable operation of the construction for the period of 8 years.

Оптимизация затрат на строительство "нулевых циклов" временных зданий и сооружений, посредством рационального упрощения и удешевления технических решений конструкций фундаментов, с одновременным обеспечением надежности, является необходимой и обоснованной частью проектных решений.

Особую актуальность эта задача приобретает при проектировании эксплуатируемых ограниченное время комплексов зданий и сооружений в особо сложных грунтовых условиях, например при обустройстве Ямальской группы месторождений. Затраты на фундаменты в таких сложных условиях (льдистость до 60 %, сильное засоление) могут составлять до 40-50 % от стоимости строительства.

В условиях ускоренной динамики ввода мощностей газодобывающих систем проектировщики не редко принимают решения по временными зданиям и сооружениям безенной расчетной проработки только на основе опыта проектирования сооружений для 30 летней эксплуатации. Такой подход ведет к увеличению объемов капитальных вложений, но при этом, обеспечивая запас по несущей способности и деформациям оснований и фундаментов в два-три раза больше требуемого.

По мнению авторов, разрешить поставленную задачу возможно при использовании в повседневной практике проектирования геокриологического прогноза основанного на решении нестационарных математических моделях и реализующего расчет техногенного температурного воздействия зданий и сооружений на многолетнемерзлые грунты оснований [1].

Именно такой подход [2] был использован при реализации задачи корректировки комплекта РД по объекту "База приема грузов на р. Се-Яха Бованенковского месторождения" в связи с принятием инвестиционного решения о сокращении срока эксплуатации объектов с 30 до 8 лет.

Авторами предложен и реализован вычислительный эксперимент, суть которого заключается в разработке серии сценариев-вариантов состояния геотехнической системы "окружающая среда - инженерное сооружение - грунты основания" для различных моментов времени строительства и эксплуатации, отражающих специфику процесса теплового взаимодействия внутри системы, учитывающих динамику климатических, инженерно-геокриологических условий территории, строительные проектные решения.

Реализовать поставленную задачу авторам позволили численные методы решения задачи теплопроводности для дисперсных сред с наличием в последних внутренних и внешних источников тепла (холода).

Результаты вычислительного эксперимента для одной из 47 позиций по генплану представлены на рис 1. Применение численного геокриологического прогноза на этапе корректировки рабочей документации позволило обоснованно "заменить" балочную клетку на свайном фундаменте, обеспечивающую минимизацию деформаций железобетонного перекрытия пола теплого склада на "грунтовый теплоизоляционный экран" из "пеноплекса". При этом несущая способность свайного фундамента ограждающих конструкций и мерзлое состояние основания будет обеспечена с помощью отдельностоящих трубчатых охлаждающих устройств, расположенных вблизи ростверков фундамента и использующих естественный ресурс территории – отрицательную среднегодовую температуру окружающего воздуха. В результате затраты на фундамент сокращены на 39,1 тыс. \$ (21,4 %).

Выполненные в процессе корректировки документации локальные сметные расчеты дают основание утверждать, что разработанное в соответствии с п.2.5 СНиП 11-01-95 научно-техническое обоснование технических решений, позволило существенно "облегчить" затраты на нулевой цикл (снижение затрат на 17,8÷55,8% по отдельным зданиям и сооружениям) и рекомендовать к реализации именно такие технические и технологические решения, которые обеспечили бы безаварийную надежную эксплуатацию конструкции в течении восьмилетнего срока.

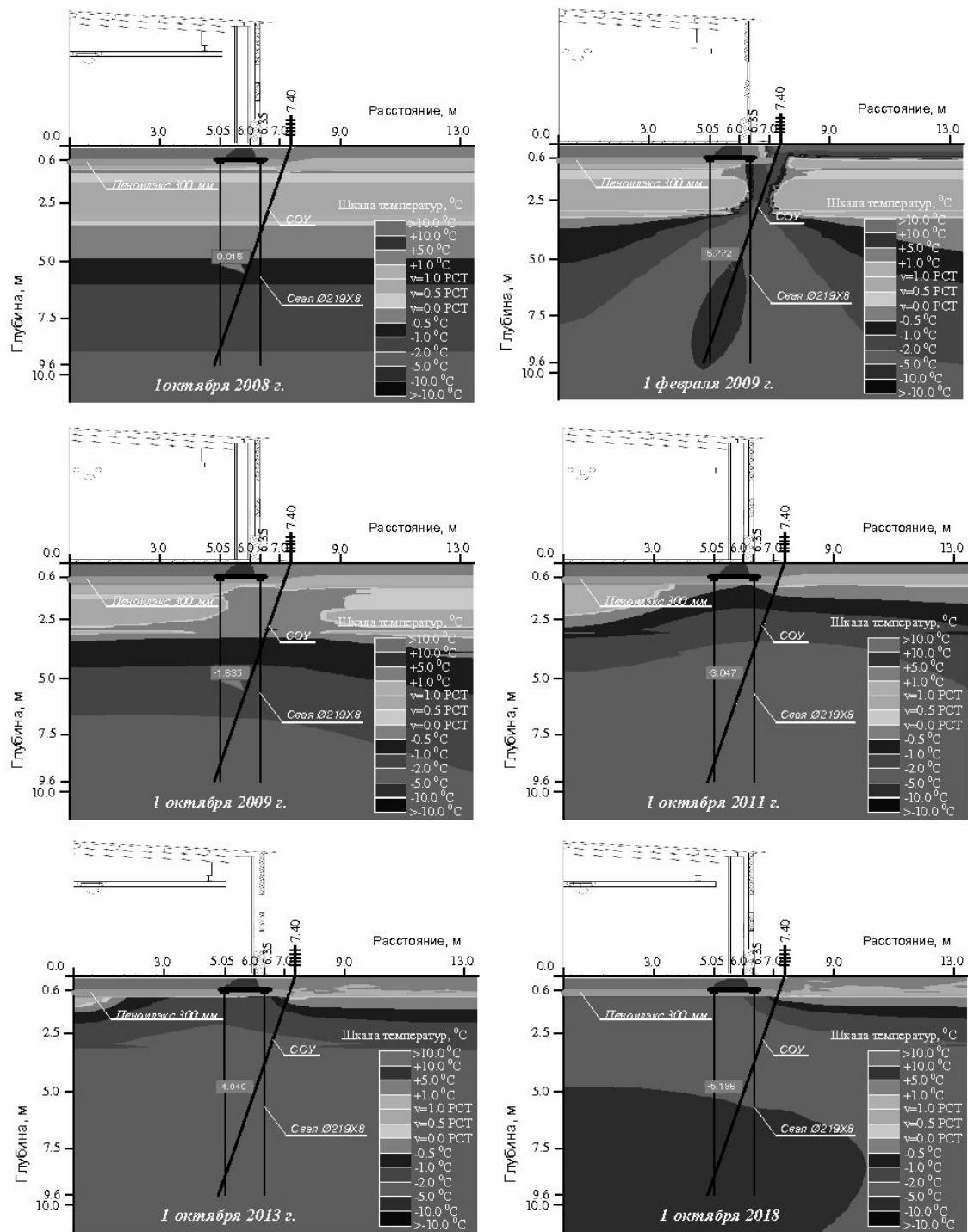


Рис. 1. Фрагменты расчетных температурных полей в грунтах основания теплого склада на этапе эксплуатации с учетом одновременной работы парожидкостных сезоннодействующих наклонных охлаждающих устройств и теплоизоляционного экрана из пеноплэкса

ЛИТЕРАТУРА:

1. РСН 67-87. Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами. – Госстрой России, 1987.
2. Попов А.П. Геокриологический прогноз как основа оптимального решения по реконструкции нулевых циклов газопромысловых сооружений на крайнем Севере // Повышение эффективности освоения газовых месторождений крайнего Севера / Под ред. Р.И. Вяхирева. М.: Наука, 1997. - с.374-388.

СПОСОБ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПРИУСТЬЕВОЙ ЗОНЫ КУСТОВЫХ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ УСТЬЯМИ

Усачев А.А., Попов А.П., Павлов А.И.
ОАО «ВНИПИгаздобыча», Саратов

METHOD OF ENGINEERING PROTECTION OF FOUNDATION BASES IN A WELLHEAD ZONE OF PRODUCTION WELL PADS FOR REDUCTION OF SPACING BETWEEN THE WELLHEADS

Usachyov A.A., Popov A.P., Pavlov A.I.
OJSC "VNIPIgazdobycha", Saratov

The paper deals with the main results of the thermal stabilization of wellhead zones task solving. It is one of the aspects of reliable well pads' construction in Yamal Peninsula.

The problem definition was considered for the simulation of wells thermal interaction with salinized frozen soils during the wells operation within the well pad.

The main results of simulation are given that justifying the critical technical solutions of wellhead zones thermal stabilization, which makes possible to create the various types of basements.

Сокращение расстояний между устьями кустовых эксплуатационных скважин является актуальной задачей для газовой отрасли. Возможность минимизации материальных затрат в обустройство кустовых площадок особенно актуально для месторождений полуострова Ямал.

Традиционные технические решения с расстоянием между скважинами равными 40 метров в условиях полуострова Ямал требует корректировки вследствие ограниченности объемов кондиционных строительных материалов в местных карьерах, высокой стоимости заготовки грунтов и доведения их качественных характеристик до приемлемого уровня, значительных проектных объемов отсыпки кустов в условиях высоких отметок паводкового подтопления.

Проведенный анализ рисков свидетельствует о том, что основные возможные ограничения по снижению расстояния между скважинами лежат в технологии производства ремонтных и противофонтаных работ. Не выявлено существенного повышения риска при снижении расстояния между устьями скважин до 10 метров на этапах строительства и капитального ремонта. Наибольший рост стоимостного показателя риска имеет место на этапе эксплуатации. При этом требуется обеспечить устойчивость и надежные эксплуатационные характеристики фундаментов устьевых трубопроводных обвязок, регулирующей, запорной арматуры, управляющих устройств и фундаментных опор под установки, осуществляющие капитальный ремонт.

Нарушение естественных условий теплообмена при техногенном воздействии в процессе добычи "теплого" газа приводит к нарушению температурного режима пород, и как следствие, к осадкам высокольдистых грунтов, вмещающих фундаменты трубопроводной обвязки и свайных опор станка для капитального ремонта. Сокращение расстояний между устьями без дополнительных мероприятий по компенсации техногенного теплового воздействия, обеспечивающего требуемые механические характеристики грунтов устьевой зоны, приводит к повышению риска отказов в процессе эксплуатации.

Для уменьшения техногенного теплового воздействия добывающей скважины могут применяться различные типы лифтовых теплоизолированных труб (ЛТТ). Однако, в проекте скважин сеноман-аптских залежей Бованенковского НГКМ ЛТТ применены небыли. Одной из причин этого заключается в том, что заводское производство вакуумированных ЛТТ с внутренним диаметром 127 мм не наложено.

В настоящей работе авторами представлены результаты научно-технического обоснования применения активной сезоннодействующей неэнергоемкой трубчатой парожидкостной охлаждающей системы, обеспечивающей формирование в грунтах основания приустьевой зоны кустовой скважины массива пород с необходимыми механическими характеристиками и требуемой пространственной формой (зоной) в которой эти характеристики поддерживаются в течении всего срока эксплуатации.

Для достижения поставленной цели авторами был спланирован и реализован вариантный вычислительный эксперимент, использующий в качестве своей основы трехмерную нестационарную модель теплообмена геотехнической системы "скважины - грунты кустовых площадок - сезонно действующие устьевые охлаждающие системы" с окружающей средой.

Для построения модели использовалась симметрия задачи, что позволило использовать для расчетов только часть полупространства. Схема расчетного полупространства приведена на рисунке 1.

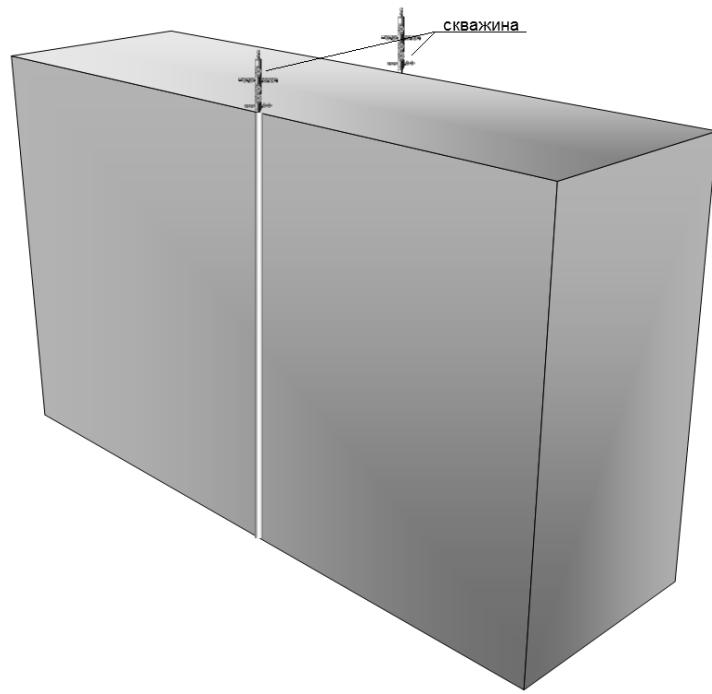


Рисунок 1. Схема расчетного полупространства моделирования работы газовых скважин.

В работе приведены основные результаты многовариантных расчетов и обоснован выбор технических характеристик систем термостабилизации устьевых зон, для обеспечения устойчивости фундаментов обвязки куста и проведения ремонтных работ.

Результаты расчетов представлены в виде части расчетной области соответствующей вырезу в приустьевой зоне скважины. Положение области выреза на расчетной области приведено на рисунке 2.

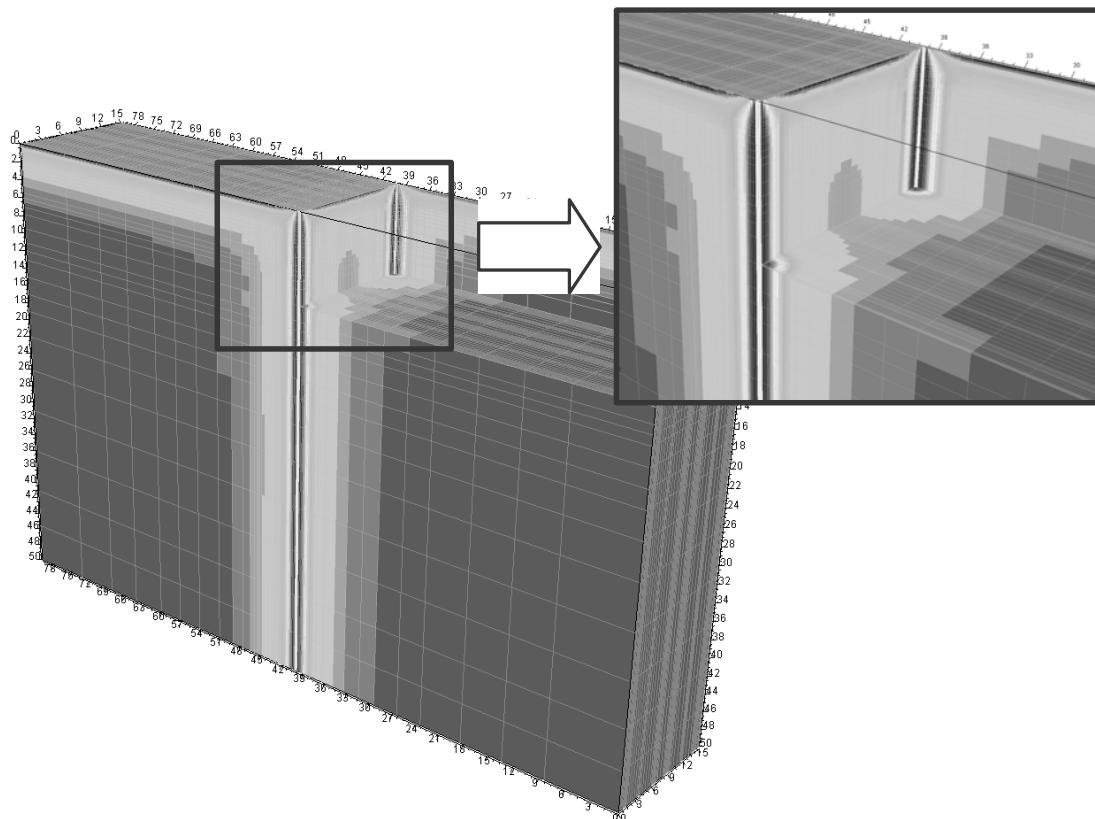


Рисунок 2. Положение области выреза на расчетном полупространстве.

Рекомендуемым к реализации техническим решением является размещением вблизи устья нетеплоизолированных добывающих скважин 16-ти сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ) в форме 2-х кольцевых контуров, а также установка СОУ у опор обвязки скважин. При этом, для удобства

обслуживания скважины и проведения ремонтных работ, конденсаторная часть СОУ выносится в сторону от фонтанной арматуры.

Температурное поле на 30-й год эксплуатации скважин, по этому варианту технических решений приведено на рисунке 3.

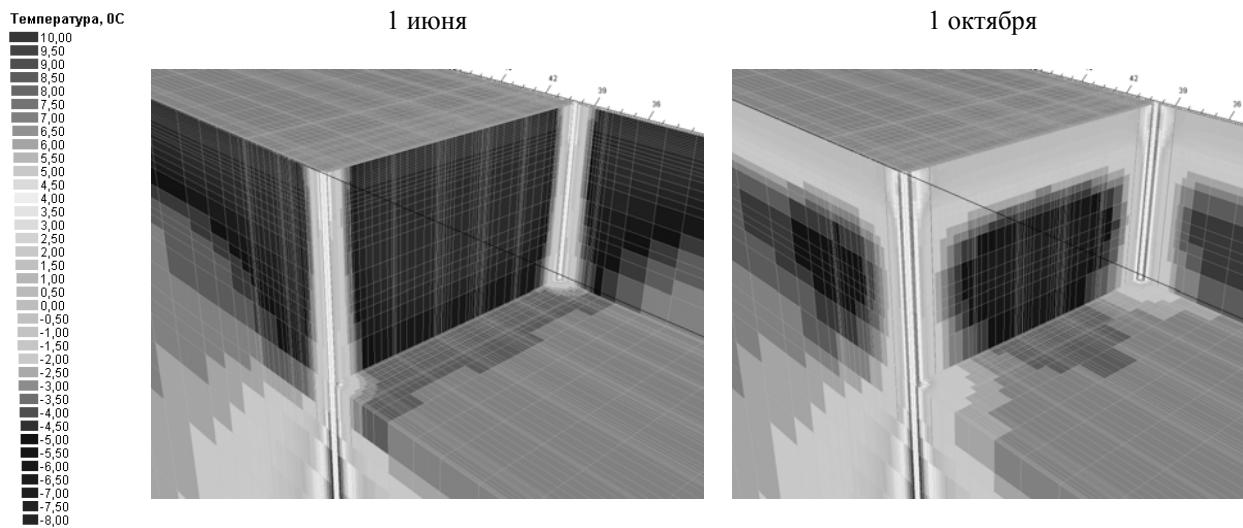


Рисунок 3. Температурные поля вокруг скважин в 30 год разработки.

Предлагаемые технические решения нашли отражение в проекте «Обустройство сеноман-аптских залежей Бованенковского НГКМ».

Результаты сравнительного анализа материальных затрат на строительство грунтовых насыпей с учетом дополнительных мероприятий по термостабилизации устьевых зон скважин свидетельствуют об экономической обоснованности такого технического решения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РСН 67-87 «Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза измерений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами».
2. Чугунов Л.С., Ермилов О.М., Попов А.П. и др. Моделирование теплового взаимодействия с многолетнемерзлыми породами геотехнической системы «Теплоизолированная добывающая скважина – сезоннодействующий парожидкостный термостабилизатор» вблизи поверхности земли. // М.: ИРЦ Газпром, 1998г. с.64с.
3. Моделирование теплового взаимодействия с многолетнемерзлыми породами геотехнической системы "теплоизолированная добывающая скважина – сезоннодействующий парожидкостной термостабилизатор" вблизи поверхности земли // Попов А.П., Березняков А.И., Осокин А.Б., Смолов Г.К./ Сер.: Разработка и эксплуатация газовых месторождений. Обзорн. информ. М.: ИРЦ Газпром, 1998. с.62.
4. Березняков А.И., Грива Г.И., Осокин А.Б. и др. Проблемы устойчивости добывающих скважин месторождений полуострова Ямал. // М.: ИРЦ Газпром, 1997г. с.159.
5. Патент РФ № 2209934 кл.7 Е 21 В 36/00 Способ стабилизации системы скважина-породы в криолитозоне // Дубина М.М., Штоль В.Ф. Попов А.П./ заявл. 15.07.02., опубл. 10.08.03., бул. № 22, патентообладатель коллектив авторов.
6. Патент РФ № 2158353 кл. 7 Е 21 В 36/00 Способ стабилизации теплового состояния устьевой зоны скважины в многолетнемерзлых породах // Кононов В.И., Березняков А.И., Смолов Г.К., Забелина Л.С., Олиневич Г.В., Попов А.П., Осокин А.Б. / заявл. 10.03.99., опубл. 27.10.00., бул. № 30, патентообладатель ООО "Надымгазпром".

ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТИПА ГЕТ ДЛЯ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Феклистов В.Н.¹, Долгих Д.Г.², Окунев С.Н.¹, Паздерин Д.С.¹

¹НПО «Фундаментстройаркос», г. Тюмень

²Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень

INVESTIGATION OF “NATURALLY WORKING TUBULAR SYSTEM” AS THE BASEMENTS THERMOSTABILIZER

Feklistov V.N.¹, Dolgikh D.G.², Okunev S.N.¹, Pazderin D.S.¹

¹Scientific Production Company “Fundamentstroikos”, Tyumen

²Earth Cryosphere Institute, SB RAS, Tyumen

The research object is the horizontal “naturally working tubular systems” («NTS») used for the temperature stabilization of the engineering constructions basements on permafrost.

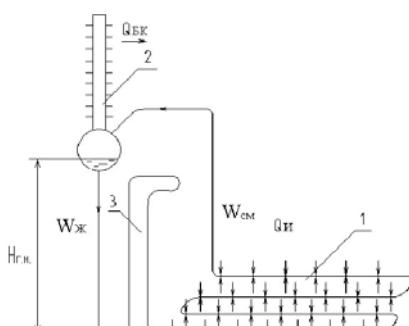
The purpose of research is in the definition of serviceability longly planimetric tubular vapour systems with the unidirectional current of phases, definition of their heat and hydraulic characteristics limit.

При использовании насыпных охлаждаемых оснований под суперблочные строительные объекты в условиях вечномерзлых грунтов целесообразно применение горизонтальной естественно действующей системы охлаждения типа ГЕТ.

В работе системы ГЕТ заложен термосифонный принцип переноса тепла от нагретого охлаждаемого тела к холодному отводящему тепло телу. Специфической особенностью таких систем является течение легокипящего хладагента в длинных горизонтальных трубчатых каналах с образованием двухфазного потока за счет испарения или кипения хладагента, при этом имеет место одностороннее движение жидкой и паровой фаз по испарительному каналу в сторону к теплоотводящему элементу системы.

Увеличение на практике размеров охлаждаемых оснований в плане приводит к неизбежному увеличению испарительных трубчатых элементов таких систем и они могут достигать сотен метров. Это в свою очередь вызывает повышение расхода хладагента, гидравлических сопротивлений внутри охлаждающих элементов, температурных потерь.

В связи с этим возникает необходимость в проведении как теоретического так и экспериментального исследования систем ГЕТ по определению совокупности их основных предельных параметров: длины охлаждающих (тепловоспринимающих) элементов, минимизации их гидравлических сопротивлений, обеспечение необходимого располагаемого напора, определение допустимых тепловых нагрузок и характеристик теплоотводящих элементов.



1—испарительная часть;
2—коллекторно-конденсаторная часть;
3—затворный узел

Рис.1. Принципиальная схема системы ГЕТ

поток, подводимый через стальную стенку за счет джоулевого нагрева от источника постоянного тока. Снаружи испарительная труба тщательно теплоизолирована скрепами из пенополистирола, так что все тепло от нагрева трубы передается внутрь трубы к хладагенту. Именно поведение хладагента в испарительной части системы и обуславливает эффективную работу всей системы в целом

Коллекторно-конденсаторная часть представляет собой специальный воздушный конденсаторный блок, состоящий из набора оребренных теплоотводящих труб, вмонтированных в замкнутый трубчатый коллектор D=159 мм. Конденсаторный блок ответственен за отвод тепла воспринятоего испарителем. Для эффективной работы системы ГЕТ в целом должно соблюдаться условие:

Принципиальная схема исследуемой нами системы ГЕТ приведена на рис.1. Основными элементами этой системы являются испарительная часть 1 и коллекторно-конденсаторная часть 2. Вспомогательным элементом этой системы является затворный узел 3, обеспечивающий гарантированное одностороннее течение обеих фаз хладагента от выхода из коллекторно-конденсаторной части к входу в нее же. Испытуемая система ГЕТ изготовлена и смонтирована в натуральную величину на полигоне НПО «Фундаментстройаркос», произведена обвязка системы необходимыми средствами измерения теплофизических параметров, позволяющими осуществлять фактические натурные исследования.

Испарительная часть представляет собой протяженную стальную трубу уложенную строго горизонтально в виде прямолинейных участков, чередующихся поворотами на 180 градусов. Начальный участок испарительной части это вертикальный трубчатый спуск длиной 3 м, окончательный участок это вертикальный отрезок трубы с изгибом длиной около 4-х м. В испарительной трубе протекает хладагент (аммиак), который воспринимает тепловой

$$Q_{k,b} \geq Q_u, (1)$$

где: $Q_{k,b} = kF(t_{x,a} - t_b)$ – тепло, отводимое конденсаторным блоком, Q_u – тепло воспринимаемое испарителем, $k = (6,23 + 2,23v_b)$ – коэффициент теплопередачи от хладагента к окружающему воздуху, v_b – скорость воздуха, F – теплоотдающая поверхность обогретой части конденсаторного блока, t_x – температура хладагента, принимаемая в соответствии с давлением насыщения, t_b – температура окружающего воздуха.

Обе части системы абсолютно герметично обвязаны с помощью труб и запорных кранов и обеспечивают циркуляцию фаз хладагента за счет естественной конвекции под действием температурного и гидростатического напоров, возникающими между конденсаторным блоком и испарителем.

Для определения предельных параметров системы ГЕТ рассмотрим уравнение теплового баланса системы:

$$Q_u = q_l L_u = q_s S_u = G r (X_2 - X_1), (2)$$

где: Q_u , q_l , q_s – общая и удельные тепловые нагрузки, Вт, Вт/м, Вт/м²,

L_u и S_u – длина и площадь охлаждающего элемента (испарителя), м, м²

G – расход парообразного хладагента, кг/сек,

r – теплота парообразования, кДж/кг,

X_2 и X_1 – конечное и начальное паросодержание хладагента.

Поскольку на вход в испаритель подается жидкость, то во всех случаях $X_1=0$. Предельным или критическим условием системы ГЕТ являются значения q_l , q_s , L_u , G_x , при которых $X_2=1$. Этот означает, что на выходе из испарительной трубы идет парообразный хладагент, при этом отсутствует смачивание стенки этого участка жидким хладагентом, вследствие чего происходит резкое повышение температуры стенки и снижение интенсивности теплообмена.

Феноменологическая картина поведения хладагента по длине испарительной трубы такова, см.рис.2.



Рис.2. Изменение структуры хладагента по длине испарительной трубы

Из конденсаторного блока в испарительный канал поступает жидкий хладагент и на участке Ж под действием тепловой нагрузки происходит его нагрев. По мере движения нагретой жидкости и воздействия тепла происходит вскипание и образование пузырьков пара (участок П). Дальнейшее парообразование приводит к резкому увеличению объема пара, поскольку его удельный объем значительно больше удельного объема жидкости примерно в сотни раз, и образуется участок С, в котором пар в виде снарядов или пробок движется, увлекая жидкость. Следующий участок характеризуется увеличением паровых пробок уменьшением жидкостных перегородок, это участок ВП – волновой с перегородками. При дальнейшем парообразовании происходит разделение жидкой и паровой фаз – пар движется сверху над жидкостью со скоростью большей, чем жидкость и возникает разделенное лотковое течение с волнами на поверхности жидкости – участок В. По мере увеличения объема и скорости пара образуется дисперсно-кольцевой режим (участок ДК), при котором пар движется внутри жидкого кольца, расположенного по периметру трубы, частично захватывая капельную жидкость. На последнем участке ПР жидкость отсутствует и по трубе движется перегретый пар.

Выше описанная картина проявляется при достижении критических параметров системы ГЕТ: длины, тепловой нагрузки и расхода хладагента. Причем, определенной длине испарителя соответствует значение тепловой нагрузки и расхода и наоборот. Практически наличие дисперсно-кольцевого режима течения указывает на достижение критических параметров системы.

Теоретическое определение критического режима течения и расчет параметров парожидкостного потока для его достижения возможны на основе анализа карт режимов течения газожидкостных потоков в горизонтальных трубах. Работ, посвященных расчету режимов течения двухфазных потоков великое

множество, например, [1,2]. Нами проведен анализ практически всех имеющихся режимных карт в отношении аммиака в качестве хладагента для размера трубы-испарителя с $d_{\text{вн.}} = 26$ мм. Нами показано, что для длин испарителя от 200 м до 1000 м критические плотности теплового потока q_i снижаются от максимального значения в 68 Вт/м до минимального в 5, 25 Вт/м.

Циркуляция хладагента в контуре системы ГЕТ осуществляется за счет гидростатического напора, образуемого столбом хладагента стекающего по отводной трубе из нижней точки конденсаторного блока – $H_{\text{г.н.}}$. Под действием этого напора возникает направленное движение вначале однофазного, а затем двухфазного потока хладагента из конденсаторного блока в него же за счет преодоления сил трения на горизонтальных участках испарителя (на прямолинейных отрезках и поворотах), преодоления местных гидравлических сопротивлений и на подъем восходящего потока на входе в конденсаторный блок.

При сравнительно умеренных тепловых нагрузках на испаритель можно принять, что проскальзывание фаз в двухфазном потоке хладагента отсутствует и истинные скорости фаз равны, т.е. $u_{\text{ск.}} = w'' - w' = 0$. В этом случае можно записать для участка трубы L_i , на которой подведено тепло в количестве $Q_i = q_i L_i$ [3]:

$$Q_i = q_i L_i = G_{\text{см}} (i_{\text{см}} - i_h), \quad (3)$$

где: $i_{\text{см}}$, i_h – энталпия в конце участка L_i и энталпия насыщения в начале участка L_i , соответственно, $G_{\text{см}}$ – массовый расход двухфазной смеси хладагента.

Так как весь подведенный поток тепла целиком расходуется на парообразование, поэтому массовый расход пара G'' в этом сечении определится уравнением:

$$Q_i = q_i L_i = r G'' \quad (4)$$

Из (3) и (4) несложно получить паросодержание в любом сечении, соответствующем длине трубы L_i :

$$X_i = q_i L_i / G_{\text{см}} r \quad (5)$$

Из (5) несложно оценить критический расход хладагента, когда $X_i = 1$ для данной длины испарителя L_i и ожидаемой тепловой нагрузки на испаритель. Так при $L=400$ м и $q_i=25$ вт/м - $G_{\text{см}} = 28$ кг/час. Располагаемый в системе ГЕТ напор, движущий хладагент в испарительной трубе, находится из выражения:

$$\Delta P = (\rho' - \rho_{\text{см}}) g H_{\text{г.н.}} \quad (6)$$

Плотность двухфазной смеси $\rho_{\text{см}}$ хладагента целиком и полностью определяется массовым расходным паросодержанием и находится из выражения:

$$\rho_{\text{см}} = \rho' \rho'' / (\rho' X + \rho'' (1-X)) \quad (7)$$

Для анализа работы системы целесообразно ввести параметр относительного перегрева парообразного хладагента $\Delta t / |t_b| = (t'' - t_b) / |t_b|$, где: t'' - температура пара на входе в конденсаторный блок, $|t_b|$ - модуль внешней температуры воздуха. Очевидно, что при больших относительных перегревах система ближе к предельным режимам, что подтверждается нижеприводимыми опытными данными.

Натурные испытания системы ГЕТ проводились в зимний период времени в естественных погодных условиях при отрицательных температурах. Целью испытаний на данном этапе было определение предельных тепловых нагрузок, воспринимаемых испарительной системой при фиксированной длине испарителя и влияние степени заполнения испарительной трубы хладагентом на воспринимаемые предельные тепловые нагрузки в зависимости от внешних условий теплосъема.

В эксперименте обеспечивали фиксированную тепловую нагрузку на испарительную трубу и проводили измерение температуры по длине испарителя во времени при фиксируемых внешних параметрах окружающей среды – скорости воздуха и температуры воздуха. Заданную тепловую нагрузку выдерживали в течение времени до установления стационарного распределения температуры по длине испарительной трубы, при этом обращали внимание на отсутствие резкого повышения температуры на выходе из испарителя и не допущения превышения средней температуры по испарителю выше выше 0°C. В случаях, когда температура на выходе из испарительной трубы температура резко возрастила, а средняя температура оказывалась выше 0°C эксперимент прекращали и снижали удельную тепловую нагрузку.

Данные натурного эксперимента приведены в таблице 1.

Анализ данных натурных испытаний системы ГЕТ, приведенный в табл.1 показал, что:

1. Четко прослеживается влияние длины испарительного контура на достижимую критическую тепловую нагрузку, чем длиннее контур, тем ниже предельная тепловая нагрузка и при одинаковых q_i относительный перегрев парообразного хладагента на входе в конденсаторную часть $\Delta t / |t_b|$ выше на более длинных контурах.

2. При наблюдаемых в эксперименте сравнительно умеренных внешних температурах (не ниже -20°C) и скоростях воздуха (≤ 3 м/сек) в системе ГЕТ с длиной испарителя 450 п.м удалось достичь предельных тепловых нагрузок - $q_i > 16$ Вт/м.

3. Не обнаружено влияния степени заполнения испарителя хладагентом на предельные тепловые нагрузки, что связано с наличием в системе ГЕТ буферной емкости, соединенной по пару с коллектором конденсаторного блока для сброса излишков уносимого паром жидкого хладагента из испарительной трубы.

Таблица 1.

N/N п.п	L _и , м	t _в , °C	q _л , Вт/м	t _{вх} , °C	t _с , °C	t _{вых} , °C	t _{бк} , °C	Δt / t _в	Начальная степень заполнения испарителя, %
1	200	-15	10	-7	-6,9	-6,2	-8,4	0,56	50
2	200	-13	16	-0,1	-0,2	0,7	-2	0,85	
3	200	-4,5	6,3	-1,3	-0,9	-1,5	-1,6	0,64	75
4	450	-4,5	6,3	0,1	2,2	1,9	0,3	1,06	
5	200	-5	10	-0,7	0,2	0,3	-1,3	0,74	100
6	450	-5,5	9,7	0,1	1	0,1	-0,3	1,05	
7	200	-11	11	-2,4	-1	-2	-2,2	0,8	100
8	200	-15	16	-1,2	-0,3	0,2	-1,6	0,9	
9	200	-8	6	-2,6	-2,9	-2,8	-4,2	0,475	100
10	200	-22	16,3	-5,1	-4,7	-6,4	-6,8	0,69	
11	450	-20	16,3	-2,1	-0,2	-2,3	-2	0,9	100
12	200	-25	18,7	-4,5	-2,3	-3,8	-3,5	0,86	
13	450	-14	18,3	-2	2,6	2,9	-0,6	1,04	100

Примечание: t_{вх}, t_с, t_{вых}, t_{бк} – температуры хладагента на входе в испаритель, средняя по длине испарителя, на выходе из испарителя, в конденсаторном блоке, соответственно.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем.//М: Энергия, 1976, с.242.
2. Baker O. Multiphase flow in pipelines/Oil Gas J. Progress Rep. 1958, p.p.156-167
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача//М: Энергия, 1975, с.488.

ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ В НОРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Хоменко И.А.¹, Гребенец В.И.¹, Ухова Ю.А.², Керимов А.Г³.

¹Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет;

²Институт геоэкологии РАН, г. Москва;

³Норильский отдел НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, г. Норильск

BUILDING AND STRUCTURES DEFORMATIONS' DEVELOPMENT REASONS IN THE URBAN ZONE OF THE NORILSK REGION.

Khomenko I.A. ¹, Grebenets V.I. ¹, Ukhova Yu.A. ², Kerimov A.G. ³

¹ Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty, Moscow

² Geoeontology Institute, RAS, Moscow

³ Regional Development Ministry RF, SSC "Stroitelstvo", Norilsk Department

In the past decade, a number of deformed objects increased. That is why it is so interesting to identify the major causes of decline in geotechnical safety, basing on the Norilsk industrial district structures, dynamics historical reasons and permafrost rocks and objects mutual influence relationships' analysis. Municipal buildings influence significantly on the frozen rocks, and often lead to irreversible change in their properties. The most extensive technogenetic features of permafrost are obtained in the city of Norilsk, where the permafrost trend degradation is obvious. Within the 65-year period the increasing as well as the decreasing of the temperature of frozen soils at 1-2 °C residential part of the city was obtained. Discontinuous permafrost zones and the areas of flooding have increased. The article deals with the main causes of deformations in the specific Norilsk industrial district. Authors also identify some mutual influence of permafrost and urban rocks regularities.

Для Норильского промышленного района характерно, в целом, сплошное распространение мерзлых пород, как по площади, так и по вертикали. Сквозные талики приурочены к наиболее крупным рекам и озерам, а также к отдельным тектоническим разломам в районе Талнаха. Для верхней части разреза характерны мозаичность температурного режима, наличие мощных пластовых льдов и несквозных (природных или техногенных) таликов. Современные мерзлотные условия в пределах г. Норильска осложняются еще и техногенными воздействиями. Селитебная часть расположена в основном на мерзлых осадочных породах большой мощности, скальные породы имеют весьма ограниченное распространение.

В последние десятилетие возросло число деформированных объектов, поэтому представляет интерес выявление основных причин снижения геотехнической безопасности, исходя из анализа состояния сооружений Норильского промышленного района, динамики вечномерзлых оснований, а также с учетом некоторых закономерностей взаимного влияния многолетнемерзлых пород и объектов.

Городская застройка накладывает существенный отпечаток на мерзлые породы и зачастую приводит к необратимому изменению их свойств. Наиболее масштабные в криолитозоне проявления техногенеза характерны для Норильского региона, где отчетливо прослеживается тенденция к деградации многолетнемерзлых пород. Происходит увеличение глубин сезонно-талого слоя (СТС), формирование локальных техногенных таликов, повышение температуры вечномерзлых пород и снижение несущей способности оснований, изменение режима стока поверхностных и грунтовых вод, активизация криогенного выветривания подземных конструкций и другие негативные (с позиций устойчивости геокриологических комплексов и геотехнической среды) последствия [1].

Главной причиной деформаций является повышение температуры мерзлых пород и соответственно снижение несущей способности фундаментов. Наибольшее тепловое влияние оказывает заглубленная в грунты на 4...6 м решетчато-образная система коллекторов для инженерных коммуникаций [2]. Существующая система естественной вентиляции подземных двухъярусных коллекторов коммуникаций неэффективна, поэтому количество поступающего от них тепла в вечномерзлые основания чрезмерно. Единый мерзлый массив оказался раздробленным, создались обширные (глубиной от 3...5 м до 18...21 м) зоны протаивания и еще большие зоны отопления грунтов. В Норильске ежегодно возникают проблемы, связанные с деформациями коллекторов на большом протяжении и прорывом в них труб, влекущем попадание больших масс сточных вод в грунты и подполья зданий.

По сравнению с температурой грунтов до застройки $-3\ldots-4^{\circ}\text{C}$ [3], местами до $-5\ldots-6^{\circ}\text{C}$, современная температура грунтов под отдельными объектами (начало улицы Талнахская, ул. Кирова №5, ул. Урванцева № 45, № 33, ул. Б. Хмельницкого № 27 и др.) стала выше на $2\ldots3^{\circ}\text{C}$, но под отдельными домами (ул. Кирова № 7в, ул. Талнахская № 17, № 21, ул. Кирова № 25, ул. Советская № 8а и др.) понизилась на $1\ldots2^{\circ}\text{C}$. При этом тенденции в понижении или в повышении температуры зависят, в основном, от режимов эксплуатации зданий и сооружений.

В эксплуатации подпольй отмечаются многочисленные нарушения: отсутствие твердого водонепроницаемого покрытия и водоотводящих лотков, аварии санитарно-технических сетей, недостаточное количество продухов в проветриваемых подпольях или их снегозанос, заниженность отметок многих подпольй и превращение их в водосборники. Это способствовало деградации вечномерзлых грунтов, выразившейся в возникновении локальных таликов или зон отопления грунтов. Кроме того, под зданиями часто происходит образование несливающихся мерзлых пород.

К примеру, за период эксплуатации дома №30 по ул. Талнахская (1977-2001 гг.) температура мерзлых грунтов под зданием повысилась от -3°C почти до 0°C , а снижение несущей способности составило около 80% [4]. Здание стоит на особом контроле из-за прогрессирующих деформаций.

При обследовании здания лыжной базы "Оль-Гуль", расположенного в окрестностях г. Норильска, были выявлены значительные разрушения бетонных блоков в результате морозной деструкции. Существует угроза обрушения данного объекта, т.к. произошло снижение несущей способности многолетнемерзлых грунтов основания на локальных участках при их отоплении, происшедшем вследствие длительных утечек из коммуникаций в холодном подполье. Для стабилизации устойчивости объекта было предложено повышение эффективности вентилированного холодного проветриваемого подполья.

Неточность в расчетах, проектировании и устройстве продухов для вентилирования холодных проветриваемых подпольй также приводит к развитию деформаций вследствие нарушения температурного режима грунтов. При детальном обследовании летом 2007 г. 6 девятиэтажных жилых домов у 4 объектов расчетные характеристики (отношение общей площади вентилируемых отверстий к площади цокольного ограждения) намного меньше проектных (расчет модуля вентилирования был выполнен по СНиП [5]), поэтому на данных объектах полностью нарушен требуемый температурный режим подпольй и охлаждение грунта не происходит в полной мере.

Механизированное перераспределение снежных отложений с ежегодным формированием (на фактически одних и тех же дворовых участках или поверхностях коллекторов) отвалов высотой от 2...3 м до 7...8 м многократно уменьшает приток зимнего холода в грунты. В то же время, очистка тротуаров и дорог усиливает мозаичность теплообмена через поверхность грунтов с атмосферой.

На ул. Лауреатов, ул. Талнахская, ул. Ветеранов строительство велось на мощных, плохоотсортированных, хорошо фильтрующих подсыпках, состоящих, преимущественно, из металлургических шлаков и строительного мусора. В 1979-81 г.г. на северо-восточной окраине г. Норильска была осуществлена застройка девятиэтажными зданиями четной стороны ул. Лауреатов на техногенных подсыпках мощностью от 2...3 м до 8...10 м с сохранением мерзлого состояния грунтов. Перед началом застройки температура на этой глубине составляла от положительных значений (в зоне временных сооружений и водотоков) до $-3,8\ldots-4,2^{\circ}\text{C}$. Через 3-4 года после постройки на отдельных зданиях начали развиваться деформации, связанные с их осадками, а многолетнемерзлые грунты оснований некоторых сооружений протаяли местами до глубин 7...12 м [2]. Отопление и протаивание пород под частью домов объясняется нарушениями в эксплуатации инженерных сетей и дренированием периодически сбрасываемых техногенных вод по подсыпке, выполненной без противофильтрационных экранов. Особенно неблагоприятно с позиций изменения инженерно-

геокриологических условий является сочетание отопляющих влияний подсыпок и устроенных в них подземных коллекторов для коммуникаций. По состоянию на 2006 г. из 9 домов по четной стороне улицы 5 уже снесены из-за развития опасных деформаций, под другими 4 домами образовались зоны несливающихся мерзлых пород.

Следует отметить, что в последние годы в регионе развиваются значительные деформации зданий, возведенных на скальных основаниях. Это происходит, во первых, в связи с ослаблением скальных пород при техногенном подтоплении и засолении их поверхностей, служащими опорными горизонтами для мощных столбчатых или ленточных фундаментов; во-вторых, за счет возникающих горизонтальных напряжений и моментов у буроопускных свай-стоеч при проникновении надскальных осадочных мерзлых пород, а также в связи со строительным браком: сваи заглубляются на недостаточную глубину. Подобные опасные процессы наблюдались в основании здания гаража автомошенства управления здравоохранения по ул. 50 лет Октября в г. Норильске. Двухуровневое здания гаража находится на площадке со сложными геокриологическими и геотехническими условиями. Характерно очень резкое падение поверхности скалы в северном направлении, выше – на площадке очистных сооружений – скальные породы входят на поверхность. Вдоль фасада гаража скала вскрывается на глубине 22...24 м. Происходит активное формирование под влиянием техногенеза обширных и глубоких (до 9...10 м) таликов с обильными подземными водами в пределах протягивающих песков. Находящиеся под таликом (над скалой) мерзлые грунты – пески, суглинки – являются относительно слабыми основаниями и чрезвычайно восприимчивыми к любым дополнительным отоплениям. Нельзя исключить, что в последние годы происходит смещение геотехнического массива (оттаявшие осадочные породы и включенные в них сваи) по поверхности скалы в направлении ее падения. При осмотре здания были выявлены значительные разрушения по всему периметру здания и внутри него. Объект находится в аварийном состоянии.

В регионе активизировалось криогенное выветривание искусственных сред – коррозия материала фундаментов и других подземных конструкций. В зависимости от условий и длительности эксплуатации износ материала фундаментов в агрессивных средах составляет от 10 до 80% от проектных значений прочности материала [6]. Особая роль в активизации деструкции железобетона принадлежит грунтовой влаги СТС: характерна почти повсеместная сульфатно-хлоридная агрессия по отношению к бетону фундаментов, которая вызывает их быстрое разрушение, причем максимальное засоление отмечается на индустриальных территориях, застроенных в наиболее ранние сроки (до 21 мг/л сульфатов в песках на территории Никелевого завода), в пределах селитебной зоны содержащие сульфатов – от 1,5 - 2 г/л. У отдельных зданий (ул. Комсомольская № 12, ул. Севастопольская № 4, ул. Павлова № 22, ул. Анисимова № 5) разрушения фундаментов весьма значительны, например, зона разрушения защитного слоя бетона достигла 40...60 мм вглубь сваи; а для отдельных фундаментов характерны сквозные трещины.

Неблагоприятные условия сложились на ул. Орджоникидзе, ул. Ленинградская в г. Норильске, подтопляемых за счет поверхностных или подземных вод сезонно-тального слоя, движущихся с вышележащими участками. В подпольях существующих зданий велика вероятность возобновления работы старых русел ручьев, погребенных после планировочных работ. К примеру, при обследовании подполья здания МЧС в июле 2006 года был обнаружен напорный источник воды в русле водоотводного лотка, в который осуществлялась разгрузка подземных вод. Кроме того, в подполье поступает большое количество ливневых вод с прилегающей вплотную к зданию обширной заасфальтированной поверхности. Результатом повышенного обводнения грунтов основания является образование многочисленных трещин в фундаменте и стенах здания.

Повышенному обводнению способствует литологический состав грунтов оснований зданий. К примеру, на ул. Павлова деформациям из-за обильного обводнения подвержено больше домов, чем на соседней ул. Московская, по которой во время ливней и снеготаяния протекает гораздо больше воды. Это объясняется грубоисперсным составом грунтов на ул. Павлова (до застройки на ее месте был водоток), которые имеют хорошую фильтрационную способность и позволяют воде свободно просачиваться на глубины 6...8 м.

Повсеместно развивается процесс морозного пучения, связанные с миграцией и промерзанием воды в деятельном слое. Это проявляется в выпучивании из-под асфальта старых деревянных свай и столбов, в деформациях заборов, а также в образовании бугров и провалов тротуарной плитки. К примеру, уже через 3-4 года после укладки тротуарной плитки на Ленинском проспекте на многих участках она деформировалась.

Таким образом, основной вклад в развитие деформаций объектов вносят нарушения в их эксплуатации: неправильные режимы вентилирования проветриваемых подпольй, несвоевременное устранение аварий коммуникаций, накопление массивных снегозаносов и т.д., происходящие на фоне тенденции к деградации мерзлоты в пределах городской застройки в Норильском регионе. Стабилизация ситуации возможна только через применение различных инженерно-геокриологических способов, направленных на охлаждение многолетнемерзлых пород.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хрусталев А.Н., Гребенец В.И., Кутвинская Н.Б. Геокриологические опасности в городах и поселках.// В кн. Природные опасности России. Геокриологические опасности /Под ред. Л.С. Гаргули, Э.Д. Ершова. – М.: изд-во «Круг», МЧС России, 2000. с. 151-157.
2. Гребенец В.И. Управление тепловым режимом многолетнемерзлых грунтов на застроенных территориях//В кн.: Новые конструкции фундаментов и методы подготовки оснований/ Сб. научн. тр. ВНИИОСП, вып. 95. - М.,: ВНИИОСП им. Н.М. Герсанова Госстроя СССР, 1991. с. 68 – 76.

3. Шевелева Н.С., Хомичевский А.С. Геокриологические условия Енисейского Севера.-М.: изд-во “Наука”, 1967. с. 127.
4. Сетков В.Ю. Техническая эксплуатация зданий и сооружений на севере Красноярского края. – Норильск, 2005. с.229.
5. Строительные нормы и правила. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. с. 56.
6. Гребенец В.И. Исследование техногенного подтопления и засоления грунтов В Норильском промышленном районе// В журн. Криосфера земли.- Т.2, №1, 1998. с. 44-48.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ С ВЕЧНОМЁРЗЛЫМИ ПОРОДАМИ

Шевелёва Д.В.
ОАО «Гипротюменнефтегаз», г. Тюмень.

ON THE STUDYING OF THE HEAT-EXCHANGE IN THE SYSTEM “WELL – PERMAFROST”

Sheveleva D.V.
OJSC “Giprotymenneftgaz”, Tyumen

The method of calculation of oil temperature and the range of thaw around the well is proposed in the article. This method is presented as variant of conjugated solution of the heat exchange problem. The novelty of the method consists in the new form of boundary conditions on the surface of the well, by virtue of the oil and rocks temperature fields' simultaneous calculation. This is the condition of oil and rocks' temperature fields' conjugation. This condition is received in the integral form. It displays that, when the oil heat flow lifts to the surface of the earth, it gets colder as much as the heat is absorbed by the environment around the well.

The results of calculation are given. The comparison of the data by calculation with the experimental-industrial data has been done. The results of comparison were accepted as satisfactory.

Введение.

Исследование теплового взаимодействия скважин с вечномерзлыми породами является актуальной проблемой при разработке и эксплуатации месторождений, находящихся в зоне распространения вечной мерзлоты. Прочность вечномерзлых пород зависит от их температурного режима, который изменяется под действием потока тепла от скважины.

В докладе предложен метод одновременного расчёта температуры нефти в скважине и температуры горных пород вокруг неё. Получен новый вид граничного условия на скважине, благодаря которому возможен одновременный расчёт температур нефти и горных пород.

Метод расчёта.

Метод расчёта температуры нефти в скважине и радиуса оттаивания вокруг неё описан в статье [1]. Вкратце можно сказать о том, что для определения температуры горных пород решается уравнение параболического типа [2]:

$$c(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = - \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \cdot \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right),$$

где T - температура горных пород (в этой главе), τ - координата времени, λ - коэффициент теплопроводности, $c_{gr}(T)$ - теплоёмкость породы, зависящая от температуры, χ - удельная теплота фазового перехода воды, ρ - плотность горных пород, ω - влажность мёрзлых пород, c - эффективная теплоёмкость, которая определяется как

$$c(T) = c_{gr}(T) + \chi \rho \frac{dw}{dT}$$

Рассматривается бесфронтовая постановка задачи оттаивания, когда процесс происходит равномерно в заданном интервале температур от t_* до 0°C ($t_* < 0^\circ\text{C}$).

Распределение температуры нефти в скважине описывается уравнением притока тепла:

$$\frac{Gc_p}{p} \frac{dt(z, \tau)}{dz} = \alpha(T(r_{скв}, z, \tau) - t(z, \tau)) c_p = c_{oil}(1-f) + c_{wat}f$$

Здесь G - дебит жидкости, c_{oil} - теплоёмкость нефти, c_{wat} - удельная теплоёмкость воды, f - обводнённость продукции (для нефти), p - периметр поперечного сечения НКТ.

Схема расчёта помещена на рис. 1.

Поля температур связаны между собой условием на границе теплообмена (это левое граничное условие для пород), физический смысл которого заключается в том, что плотность теплового потока нефти в

вертикальном направлении уменьшается настолько, насколько тепла поглощается окружающей средой в радиальном направлении.

Левое граничное условие имеет вид:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_{\text{скв}}} = \alpha_{\text{скв}} (T(r_{\text{скв}}, z) - t_0 e^{-az} - e^{-az} \int_0^z a T(r_{\text{скв}}, x) e^{ax} dx)$$

$$a = \frac{u \alpha_{\text{скв}}}{g c_p}.$$

Таким образом, учет теплового взаимодействия потока нефти с окружающими пластовыми породами приводит к интегральному виду граничного условия на скважине.

Расчет температуры нефти в добывающей скважине возможен только от забоя, т.к. левое граничного условия получено в таком виде, что требует значение температуры нефти на забое.

Результаты расчёта.

Определяется динамика зоны оттаивания вокруг нефтяной скважины за 25 лет в образовавшемся вечномерзлом окружении мощностью 200 м.

Зона оттаивания определяется по температурному полю горных пород. Динамика зоны такова, что с течением времени скорость оттаивания уменьшается. На рис. 2 показана деградация мерзлоты вокруг скважины: по оси абсцисс отложено расстояние от скважины, где 0.084 м – радиус скважины, по оси ординат – глубина.

Температуры нефти, соответствующие полям температур горных пород, представлены на рис. 3. По оси абсцисс отложена глубина, по оси ординат – температура нефти.

Температурный режим нефти со временем практически не изменяется – все

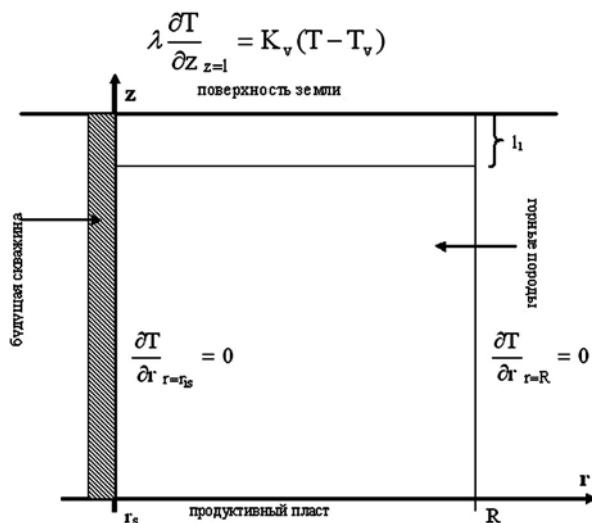


Рис. 1. Вертикальный разрез для расчётной области.

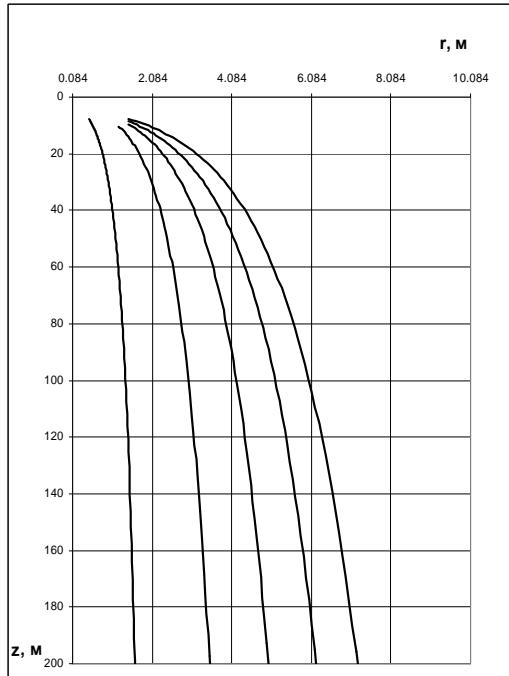


Рис. 2. Зона оттаивания в горных породах через 1, 5, 10, 15, 20, 25 лет, слева направо.

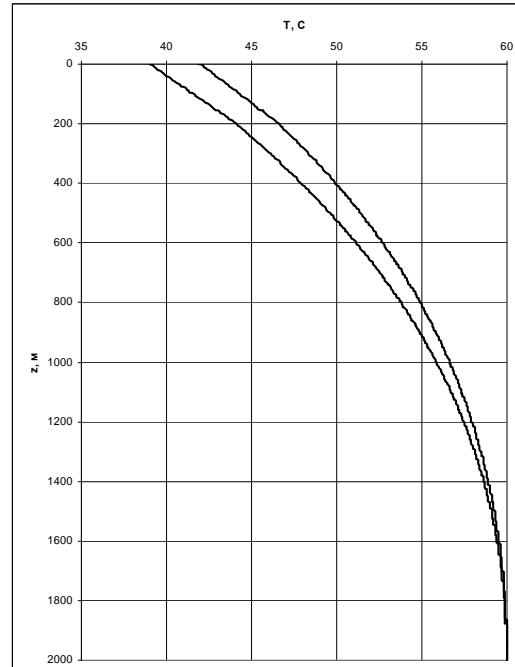


Рис. 3. Температурный режим нефти в скважине. Кривые построены для 1 и 25 лет работы скважины, слева направо.

кривые расположены почти одинаково, что отвечает принятому в задаче допущению о квазистационарности

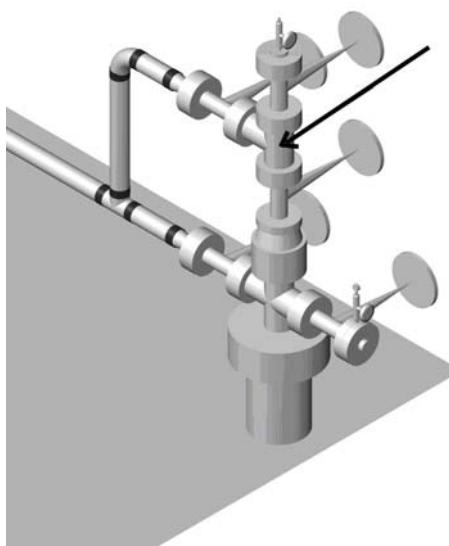


Рис. 4. Фонтанная арматура добывающей скважины.

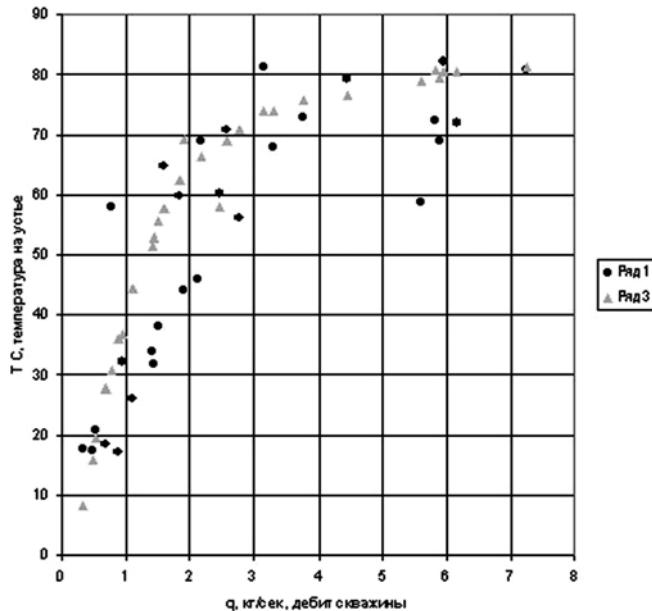


Рис. 5. Зависимость температуры водонефтяной эмульсии на устье скважины от дебита скважины. Ряд 1 – измеренные в ходе опытно-промышленного эксперимента, ряд 2 – расчётные температуры.

теплового режима в скважине. Судя по графику, падение температуры было самым большим за первый год эксплуатации.

Проведены экспериментальные измерения на приборе Barnant Company, model 600-1020, представляющим собой переносной электронный термометр с термопарой. Разрешение 0.1°C . Диапазон измерений от -99.9 до 299.9°C . Измерения проводились на Сугмутском месторождении, в районе ДНС-3. Была измерена устьевая температура 30 скважин.

Измерения температуры проводились в районе устья скважины, обозначенного на рис. 4 жирной стрелкой. Результаты сравнения расчётных данных с данными опытно-промышленного эксперимента представлены на рис. 5.

Результаты сравнения признаны удовлетворительными.

Заключение.

Задача о тепловом взаимодействии скважины с горными породами является сопряжённой задачей, решение которой найти весьма затруднительно. В этой работе предложен метод, учитывающий взаимное тепловое влияние скважины и массива горных пород.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шевелева Д.В. Численное моделирование теплового взаимодействия скважины с вечномерзлыми горными породами. Нефть и газ. Известия высших учебных заведений, №5, 2007, с. 44–47.
2. РД 39-Р-088-91 Инструкция по определению температурного режима вечномерзлых и сезонномерзлых грунтов и прогнозированию последствий изменения тепловых условий на поверхности. Тюмень: Гипротюменнефтегаз, 1991, с. 5.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ ГАЗА В ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНАХ

Шиповалов А.Н.¹, Земенков Ю.Д.², Земенкова М.Ю.²

¹ПСПХГ ООО «Тюменьтрансгаз», г. Югорск,

²Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

MODERN TECHNOLOGIES OF GAS TRANSPORT AND STORAGE OBJECTS RELIABILITY PROVISION IN THE POLAR CONDITIONS

Shipovalov A.N.¹, Zemenkov Yu.D.², Zemenkova M.Yu.²

¹JSC “Tyumentransgaz”, Yugorsk

²Tyumen State Oil and Gaz University, Tyumen

The technology of gas transportation systems safety increasing is based on the combination of modern effective methods of monitoring and on using of new technologies of hydrate formation control. The efficiency is verified by industrial researches in different technological modes of underground gas stores.

В мощных газотранспортных системах России, основным и наиболее эффективным методом резервирования надежности подачи газа потребителям является создание подземных хранилищ газа (ПХГ). В современной системе газоснабжения подземное хранение газа обеспечивает сезонно-оперативные и долгосрочные резервы газа. Сезонно-оперативные резервы служат для покрытия сезонной неравномерности газопотребления, поставок газа при аварийных ситуациях на газопроводах; обеспечения надежности экспортных поставок. Долгосрочные резервы необходимы для покрытия дефицита в газе при относительно длительных нарушениях функционирования систем добычи и транспорта (природные и техногенные катастрофы, политическая нестабильность), а также компенсации возможной задержки ввода мощностей по добыче газа.

Применение современных технологий обеспечения надежности требует применения эффективных систем мониторинга. Анализ существующих методов анализа надежности газотранспортных систем свидетельствует о том, что наиболее перспективными являются системы мониторинга, основанные на применении вероятностно-статистических и детерминированных моделей надежности систем.

Участок газопровода с ПХГ рассматривается как модель технической системы, состоящей из n участков, с резервной емкостью. Время восстановления элемента системы в стационарном режиме принимается малым по сравнению с наработкой между отказами, запасы в ПХГ до отказа - случайные величины $x_1, x_2 \dots x_{n-1}$, условная стационарная вероятность пребывания участка в неработоспособном состоянии - $\pi_i(x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1})$, z - уровень запаса газа ПХГ, λ_1, λ_2 и μ_1, μ_2 - интенсивность отказов и восстановлений участков 1 и 2 соответственно.

Коэффициент надежности участка газопровода с резервом ПХГ в общем виде определяется по формуле:

$$K = 1 - \Pi, \quad \Pi = M\pi(x_1, x_2 \dots x_{n-1}) \quad (1)$$

где Π - стационарная вероятность пребывания участка i в неработочем состоянии.

$$\pi(x_1, x_2 \dots x_{n-1}) = p_n + p_{n-1}\pi_{n-1}(x_{n-1}) + p_{n-2}\pi_{n-2}(x_{n-2} + x_{n-1} + \dots + p_1\pi_1(x_1, x_2 \dots x_n). \quad (2)$$

Функция распределения восстановления имеет общий вид:

$$\pi_i(z_i) = f(z_i, \mu_i) \text{ при } z_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n. \quad (3)$$

Тогда формула (2) примет вид:

$$\Pi_i = M\pi_i(z_i) = \int_0^{\infty} \pi_i(z_i) dF_i(z_i), \quad (4)$$

где $F_i(z)$ - функция распределения суммарного запаса газа в период нормальной эксплуатации газопровода.

Условие нормировки для модели имеет вид:

$$P_0 + P_V + \int_0^V f(z) dz = 1, \quad (5)$$

где V -объем запасов газа ПХГ; $P_0 = P\{z = 0\}$; $P_V = P\{z = V\}$, $f(z)$ - плотность распределения вероятностей при $z \in (0; V)$.

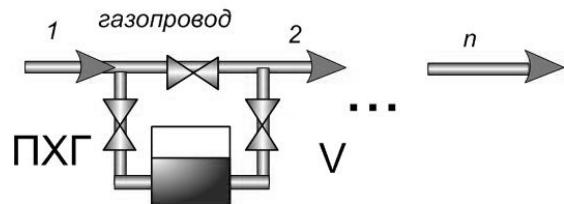


Рис. 1 Упрощенная расчетная схема участка газопровода с ПХГ

При реализации вероятностной расчетной модели на газопроводах важной задачей является определение функций распределения надежности по реальным данным с учетом детерминированных составляющих, которые могут иметь физические причины, связанные с условиями и особенностями эксплуатации объекта.

При эксплуатации большинства газовых скважин в условиях Крайнего Севера основная проблема - это образование гидратов. Низкие пластовые температуры и суровые климатические условия создают благоприятные условия для их образования в скважинах и наземных коммуникациях: устьевой арматуре, шлейфовых трубопроводах. Особенно остро данное осложнение проявляется в период отбора газа из пласта при отрицательной наружной температуре воздуха и повышенных темпах отбора. Сезон отбора, как правило, осуществляется с октября по март, иногда по апрель месяц. Несвоевременная ликвидация образовавшихся гидратов может привести к серьезным последствиям – полной остановки скважины и выведением её из технологического процесса. При небольшом фонде работающих скважин с высокими суточными дебитами эксплуатация хранилища повлечет за собой нарушение технологического режима, невыполнение планов по отбору газа, увеличение часов простоя эксплуатационного фонда.

Для разработки мероприятий по обеспечению бесперебойной работы газотранспортной системы были проведены промышленные исследования в различных технологических режимах работы ПХГ.

Было установлено, что при эксплуатации ПХГ в сезон отбора гидраты образуются по целому ряду причин: снижение пластовой температуры; снижение температуры газа в системе «устье – сборный пункт»; рост пластового давления газа в хранилище; количество присутствующей жидкости в газовом потоке; длительный простой скважин.

Анализ результатов исследований позволяет утверждать, что в настоящее время при эксплуатации скважин ПХГ гидратный режим наблюдается не на всех скважинах и процесс гидратообразования не имеет прямой зависимости от уровня производительности скважин, количества воды в газе и её минерализации, эти факторы в большей степени влияют на скорость накопления гидратной массы. Основная причина возникновения технологического осложнения, связанного с гидратообразованием, обусловлена повышением температуры гидратообразования более чем на 1-2°C и изменениями температурных параметров газа в системе «устье скважин – сборный пункт».

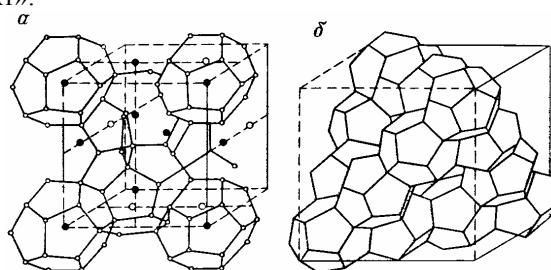


Рис.2. Структура образования гидратов:
а - вида I; б - вида II

При разработке мероприятий для борьбы с гидратообразованием на газовых месторождениях и на подземных хранилищах проанализированы различные методы, применяемые в практике эксплуатации подземных хранилищ. Самый надежный и эффективный метод - осушка газа при существующей технологической схеме и в условиях циклической работы ПХГ применить не представляется возможным. Суть метода снижения давления в системе заключается в нарушении равновесного состояния гидратов, в результате чего происходит их разложение. Положительный эффект достигается при продувке скважин и шлейфов на устье и на факельную установку. В методе снижения температуры гидратообразования до температуры ниже фактической в системе предполагается использование веществ, которые применяют в качестве ингибиторов – это спирты, гликоли, электролиты. Применение гликолов мало эффективно из-за малой летучести паров, дороговизны, электролиты без добавки метанола не дают положительного результата.

Используя уникальные физико-химические свойства метанола, была разработана технология подачи метанола в период закачки в призабойную зону пласта отдельных скважин, технологический режим работы которых сопровождается образованием гидратов в период отбора. Технологией метода предусмотрена закачка метанола в пласт перед завершением сезона заполнения хранилища газом. Подача ингибитора гидратообразования происходит в поток газа скважин, технологический режим работы которых

характеризуется как гидратный. На стадии разработки описываемой технологии представилась возможность установить, что подавать метанол на забой скважин необходимо за один – два месяца перед окончанием сезона закачки газа в ПХГ.

Физико-химической основой технологии являются два процесса: а) метанол, смешиваясь с потоком газа в пластовых условиях, переходит в газообразное состояние и проникает в дренируемые зоны пласта; б) в режиме эксплуатации ПХГ «отбор газа», реагент постепенно выносится из пласта, надежно связывает пластовые и конденсационные воды, предотвращая образование гидратов по всему пути движения потока газа – от забоя скважины до сборного пункта.

Очень важно в реализации данного метода правильное определение количества используемого химического реагента, метанола и периодичности его закачки в скважину. При малом содержании метанола в газе его ингибиторные свойства не будут проявляться, а если и будут оказывать воздействие, то не продолжительное время. При неверном определении периода, при недостаточных объемах закачанного газа, метанол не перейдет в газообразную фазу, останется в жидком состоянии на забое скважины и в начале сезона отбора практически весь вынесется в первые сутки работы. При больших объемах закачанного газа, метанол сильно продавится в пласт, смешается с газом и пластовыми водами и его малая концентрация не окажет сильного влияния на процесс предотвращения образования гидратных пробок.

Разработанный метод был успешно опробован в режиме эксплуатации ПХГ «закачки газа», подачей метанола на забой шести проблемных скважин. Эксплуатация этих скважин была уже осложнена гидратообразованием в устьевой арматуре и наземных коммуникациях. Все они характеризуются следующим образом: как скважины с большой протяженностью шлейфов 5 – 8 км; удаленностью от промышленной площадки ПХГ и в зимний период к ним затруднен проезд на устье; небольшим среднесуточным расходом газа 300–400 тыс. м³. Только по выносу жидкости они существенно отличаются от 0 до 900 литров в сутки.

Анализ целесообразности применения новой технологии проведен по эксплуатационным данным за пятилетний период работы с учетом информации по расходу газа на технологические нужды, метанолу и часам простоя до применения и после.

Следует заметить, что перечисленные параметры являются в настоящее время основными показателями, характеризующими работу ПХГ в целом и скважин в отдельности.

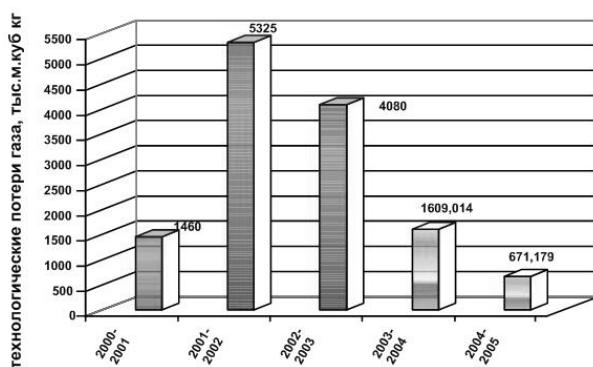


Рис.3. Технологические потери газа при продувке скважин в период

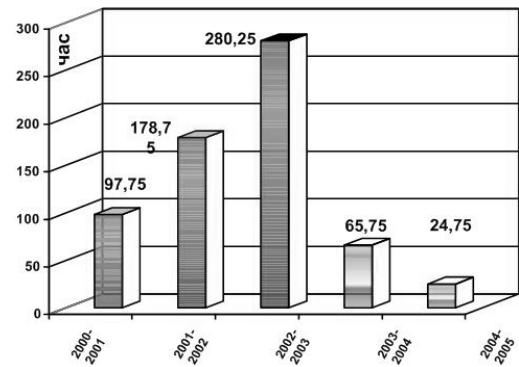


Рис.4. Простой по скважинам, связанные с продувками на факел

Использование метанола сократилось в целом в 2 раза. В период закачки удельные расходы метанола на 1 тысячу м³ отобранного – закачанного газа возросли с 7-8 гр, до 29 гр, за счет применения метода, но в период отбора резко сократились с 50-83 гр. до 30-40 гр. Существенно сократились затраты газа на технологические потери при продувке скважин в целом по ПХГ (рис.3) с 4-5 млн. м³ газа до 0,7-1,7 млн. м³, и по отдельным скважинам.

В целом положительный результат в последующий сезон отбора был получен на 5 скважинах из 6. Только на одной скважине в первый год эффект не наблюдался, т.к. было залито недостаточно метанола и неверно определен период его закачки. Положительный результат был получен на второй год после уточнения методики расчета эти недостатки были учтены и сразу. Кроме отмеченных положительных результатов, уменьшились и часыостоя скважин, связанные с продувкой скважин и шлейфов (см.рис.4). По прошествии двух полных циклов закачки и отбора, можно с уверенностью сказать о большой пользе применения данной технологии.

По сравнению с постоянной дозированной закачкой метанола в газ технология обеспечивает экономию реагента, способствует повышению надежности безгидратных режимов работы скважин и уменьшению затрат газа на продувки шлейфов для ликвидации гидратных отложений: сократился расход используемого метанола в период отбора в целом по ПХГ; снизился удельный расход метанола на 1 тыс. м³ отобранного газа в период отбора; уменьшились технологические потери газа по скважинам, связанные с продувкой на устье и шлейфов. Реализация перспективной технологии использования реагента позволяет наряду с экономическим эффектом улучшить экологическую характеристику ПХГ.

МЕРЗЛОТНЫЕ ЛАНДШАФТЫ И МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА г. ЯКУТСКА

Ботулу Т.А.

Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск.

PERMAFROST LANDSCAPES AND PERENNIALLY FROZEN GROUND OF YAKUTSK CITY

Botulu T.A.

Ammosov Yakutsk State University, Yakutsk

The history of permafrost mapping of Yakutsk city and its vicinity is briefly reviewed. Author compiled maps “Permafrost landscapes” and “Perennially frozen ground”, scale 1:200000, within Melnikov Permafrost Institute SB RAS (Yakutsk). Thus devised is an informational basis for solving various engineering-geological problems for the territory on study.

Город Якутск и его окрестности располагаются в долине среднего течения р. Лены, которая является частью физико-географической страны Средней Сибири.

При решении инженерно-геологических задач необходимо создание информационной основы, которой до настоящего времени для изучаемого района нет. Имеются мерзлотные карты мелкого масштаба, составленные П.И. Мельниковым [5] и П.А. Соловьевым [7,8], а также картосхема инженерно-геологического районирования и устойчивости поверхности низких террас р. Лены, карты «Мерзлотные ландшафты» и «Многолетняя мерзлота», составленная автором [1–3].

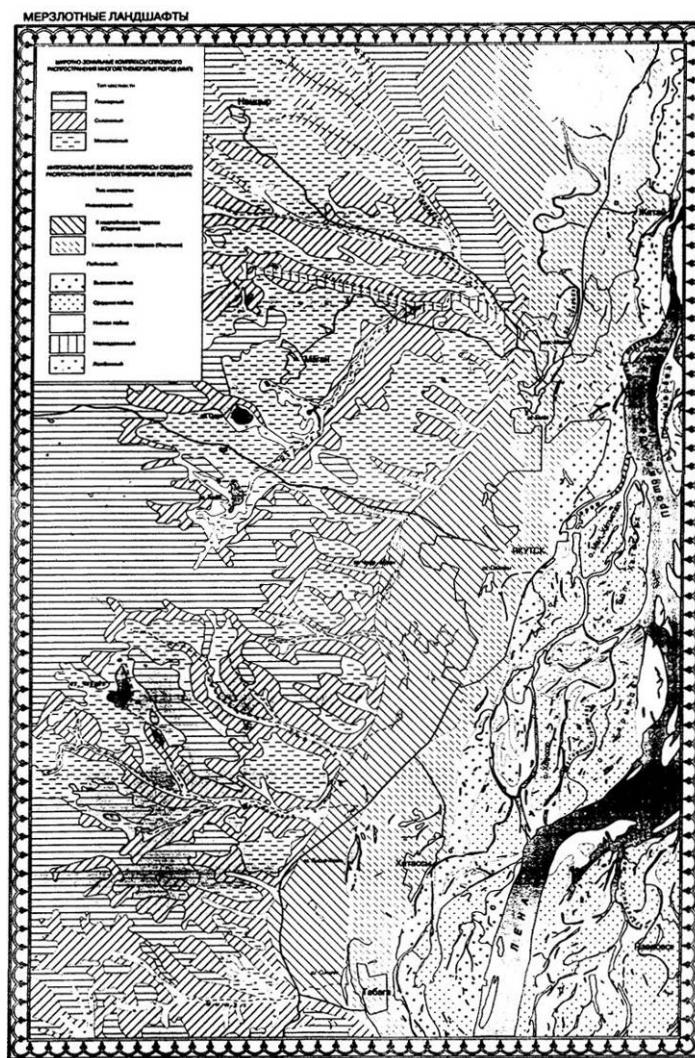


Рис. 1. Карта мерзлотных ландшафтов г. Якутска

При мерзлотной съемке любого масштаба предварительно составляется ландшафтная карта. При составлении карты «Мерзлотных ландшафтов» масштаба 1:200 000 г. Якутска (рис. 1) использовалась методика

составления подобных карт, разработанная в Институте мерзлотоведения СО РАН [4,6]. Ландшафтная структура в пределах рассматриваемой территории представлена широтно-зональными (среднетаежными) комплексами сплошного распространения ММП (плакорный, склоновый и межаласный типы местности) и интразональными среднетаежными долинными комплексами сплошного распространения ММП с подрусловыми таликами (низкотеррасовый, пойменный, мелкодолинный, ложбинный). При этом, отходя от традиционных построений, нами выделен ложбинный тип местности как самостоятельная единица.

Методика картирования мерзлых пород разрабатывалась многими учеными, начиная с 1945 г. Впервые она была предложена В.Ф. Тумелем и П.А. Соловьевым. Подлежащие изучению мерзлые породы и их границы распространения выявляются по ландшафтным признакам. Чтобы соответствовать своему назначению, мерзлотная карта должна содержать границы распространения мерзлых пород, их мощности, температуры в слое годовых теплооборотов, глубину залегания СТС-СМС, наличие, распространенность и характер таликов, а также распространение подземных льдов.

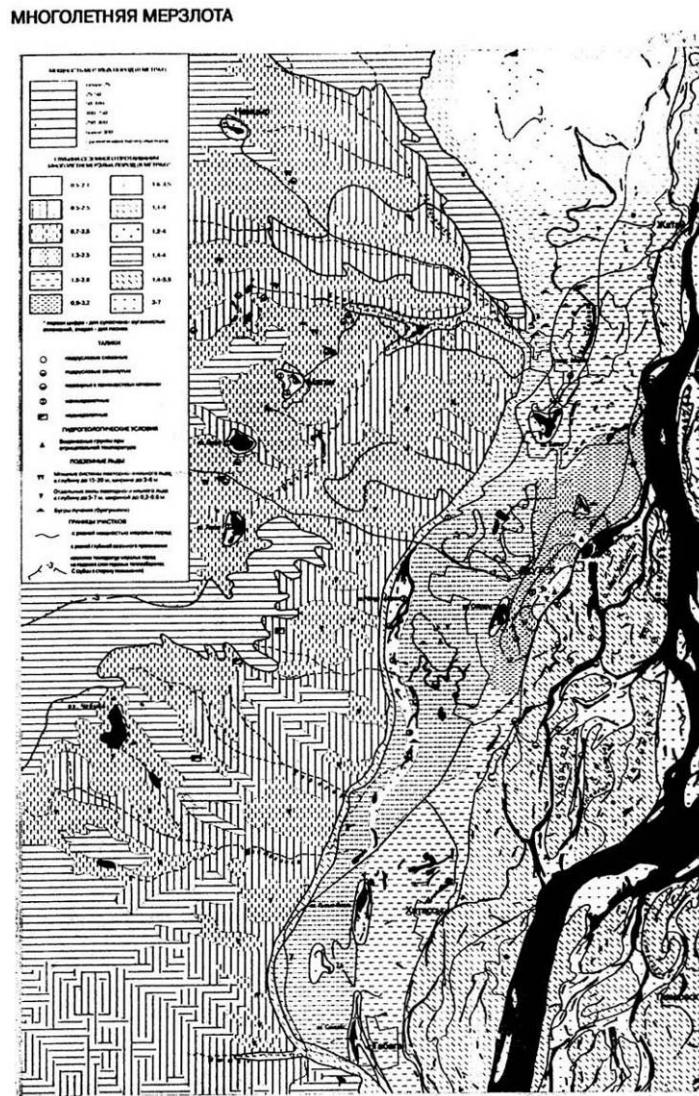


Рис. 1. Карта «Многолетняя мерзлота» г. Якутска

На созданной карте «Многолетняя мерзлота» г. Якутска глубина залегания нижней поверхности мерзлых пород на многоцветной карте изображается цветным фоном и цифровыми индексами (рис. 2). Для глубины залегания нижней поверхности принята градация из ряда ступеней: менее 25, 25–50, 100–200, 250–400, более 400 м и с разной мощностью мерзлых пород.

Принцип картирования температурного режима и глубины сезонного протаивания ММП однотипен. По П.А. Соловьеву, температурной зоной называется территория, на которой в одинаковых условиях местоположения наблюдается одинаковая температура горных пород. Каждая температурная зона отражает влияние наиболее общих факторов климата, гипсометрии, геологического строения и динамики мерзлых пород. Градации температуры грунтов выделены через 1°C . Внутри зоны с преобладанием определенной аномальной температуры грунта выделяется температурной подзона. При выделении зоны сезонного протаивания за основу

принимается наибольшая ее глубина. При этом первая цифра характеризует супесчано-суглинистые отложения, а вторая – песчаные.

Сквозные талики, приуроченные к определенным элементам мезо- и макрорельефа, на карте не выделяются. Условными внемасштабными знаками показаны подрусловые сквозные и замкнутые, межмерзлотные и надмерзлотные талики.

Мощные системы повторно-жильного льда и бугры пучения, а также их распространение, также показаны внемасштабными знаками.

Таким образом, создана информационная основа для решения различных инженерно-геологических задач для рассматриваемой территории.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ботулу Т.А. Об устойчивости поверхности низких террас р. Лены к техногенным воздействиям // Вопросы развития и освоения мерзлых толщ. Якутск: ИМСОРАН, 1990. с. 20–25.
2. Ботулу Т.А. Карта «Мерзлотные ландшафты» и пояснительная записка к ней // Географический атлас г. Якутска. Юбилейный выпуск. Якутск: Сахагипромзем, 2007. 1 л.
3. Ботулу Т.А. Карта «Многолетняя мерзлота» и пояснительная записка к ней // Географический атлас г. Якутска. Юбилейный выпуск. Якутск: Сахагипромзем, 2007. 1 л.
4. Ботулу Т.А., Климовский И.В. Характеристика мерзлотных ландшафтов. Средняя Сибирь // Мерзлотные ландшафты Якутии (Пояснительная записка к «Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2 500 000 / Федоров А.Н., Ботулу Т.А., Варламов С.П. и др. Новосибирск: ГУГК, 1989. С. 136–144.
5. Мельников П.И. Вечная мерзлота в районе г. Якутска // Исследование вечной мерзлоты ЯАССР. М.: Изд-во АН СССР, 1950. Вып. 2. С. 7–12.
6. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:2 500 000 // Федоров А.Н., Ботулу Т.А., Варламов С.П. и др. Новосибирск: ГУГК, 1989. с. 136–144.
7. Соловьев П.А. О влиянии застройки города Якутска на температуру многолетнемерзлых горных пород // Труды северо-восточного отделения Института мерзлотоведения. Якутск: Якут. респ. типогр., 1958. с. 179–192.
8. Соловьев П.А. Карта «Криолитозона (многолетняя мерзлота)» // Географический атлас. Новосибирск: ГУГК, 1992. с. 16.

РАДИОВОЛНОВОЙ МОНИТОРИНГ СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ И ПРОМЕРЗАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОГО ГРУНТА

Ефремов В.Н.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск.

RADIOWAVE MONITORING OF SEASONAL FREEZING AND THAVING OF AN ACTIVE LAYER OF PERMAFROST

Efremov V.N.

Melnikov Permafrost Institute, SB Russian Academy of Sciences, Yakutsk

This report deals with the seasonal variations of surface radiowave impedance, based on the results of radioimpedance sounding at 10-1000 kHz frequencies in Central Yakutia. The peculiarities of the seasonal variations in the region include the significant influence of thawed layer conductivity on wave impedance magnitude and increasing phase angle with freezing of the seasonally thawed layer. This report reveals the diverse nature and degree of seasonal variations of wave impedance, phase angle, and apparent resistance during the seasonal ground freezing and thawing in the forest and on the open sites with differing landscapes and identical geological structure. Seasonal variations in surface radiowave impedance appear to be due to the changes of longitudinal conductivity in the active layer. Four periods with characteristic variations of longitudinal conductivity in the active layer were identified. Based on the results of interpretation of radiowave impedance sounding data, changes occurring in the geoelectrical structure of the active layer are shown for each of these periods.

В результате проведенных ранее региональных работ [1] и проводящихся в последние годы круглогодичных наблюдений на контрольных площадках в районе г. Якутска, нами установлены нижеследующие общие закономерности сезонных вариаций эффективного сопротивления и поверхностного импеданса мерзлых толщ Центральной Якутии на частотах диапазона 10...1000 кГц.

Мощность и удельное электрическое сопротивление (УЭС) сезонно-талого слоя (СТС) в значительной степени влияют на величину эффективного сопротивления и поверхностного импеданса мерзлой толщи во всем диапазоне частот и являются параметрами, определяющими их величину на частотах > 300 кГц в теплый период года (июнь-сентябрь).

Фазовый сдвиг между электрической и магнитной составляющими поля (аргумент поверхностного импеданса), а также эффективное сопротивление увеличиваются с промерзанием СТС в период с октября по апрель и уменьшаются в период его интенсивного протаивания с мая по июль.

Характер и степень сезонных изменений модуля и аргумента поверхностного импеданса значительно отличаются для пунктов с одинаковым геологическим строением, но разными ландшафтными условиями. Для модуля поверхностного импеданса сезонные вариации более значительны на открытой местности, а для его аргумента – в лесу.

В период с августа по октябрь наблюдается стабилизация значений модуля и аргумента поверхностного импеданса, а также эффективного сопротивления. Стабилизация вызвана тем, что влияние высокого УЭС мерзлых рыхлых отложений ρ_2 с мощностью h_2 на их величину компенсируется влиянием низкого УЭС сезонно-тального слоя ρ_1 с мощностью h_1 . Степень компенсации зависит от УЭС мерзлых скальных пород ρ_3 и мощности h_2 . Компенсация будет полной, если выполняется условие: $h_1/\rho_1 = h_2/\rho_3$ при $\rho_2 > \rho_3$.

Взаимосвязь степени сезонных изменений величины модуля и аргумента поверхностного импеданса, а также эффективного сопротивления со степенью промерзания грунта и глубиной промерзания позволяет предположить возможность мониторинга изменений в мерзлом грунте, вызванных климатическими изменениями или техногенным воздействием.

Рассмотрим сезонные вариации эффективного сопротивления, модуля и аргумента поверхностного импеданса, полученные в результате наблюдений радиоимпедансным зондированием в контрольных пунктах на двух площадках в районе г. Якутска. Одна из них расположена в центре большой поляны (оттайка 1,9 м), а другая, в 200 м, в сосновом лесу (оттайка 1,4 м). Ранее здесь проводились режимные теплобалансовые исследования под руководством А.В. Павлова [2].

Амплитуда сезонных вариаций эффективного сопротивления растет с повышением частоты поля и более значительна для открытой площадки, чем для площадки, покрытой лесом (рис. 1). Этот факт объясняется иным геоэлектрическим строением открытой площадки. В частности, на открытой площадке значительно больше глубина сезонного промерзания и больше льдистость мерзлой части СТС. Вариации величины модуля поверхностного импеданса на лесной площадке не так значительны, как вариации его аргумента (фазы импеданса), размах которых достигает 35° . На открытой площадке напротив, не так значительны вариации фазы импеданса, как велики изменения величины его модуля, достигающие 58% (рис. 2).

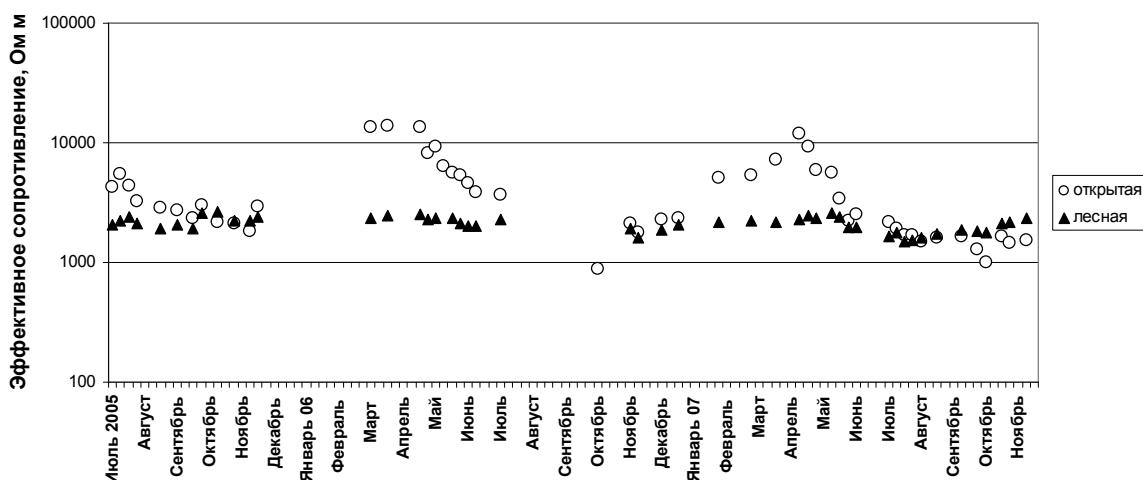


Рис. 1. Сезонные вариации эффективного сопротивления на частоте 549 кГц в период с июля 2005 г. по ноябрь 2007 г. на открытой и лесной площадках.

В диапазоне частот 10...1000 кГц модуль и фаза импеданса в значительной степени зависят от продольных проводимостей верхних слоев грунта, представляющих собой отношение мощностей к УЭС слоев. УЭС слоев, в свою очередь, в значительной степени зависит от температуры. При малых значениях отрицательных температур УЭС мерзлых дисперсных отложений ненамного превосходит УЭС талых и отличается от УЭС многолетнемерзлых отложений с постоянно отрицательной температурой [3]. Дальнейшее увеличение значений отрицательных температур сезонно-мерзлой части дисперсных отложений приводит к равенству, а при её повышенной влажности и к превосходству по УЭС над многолетнемерзлой частью.

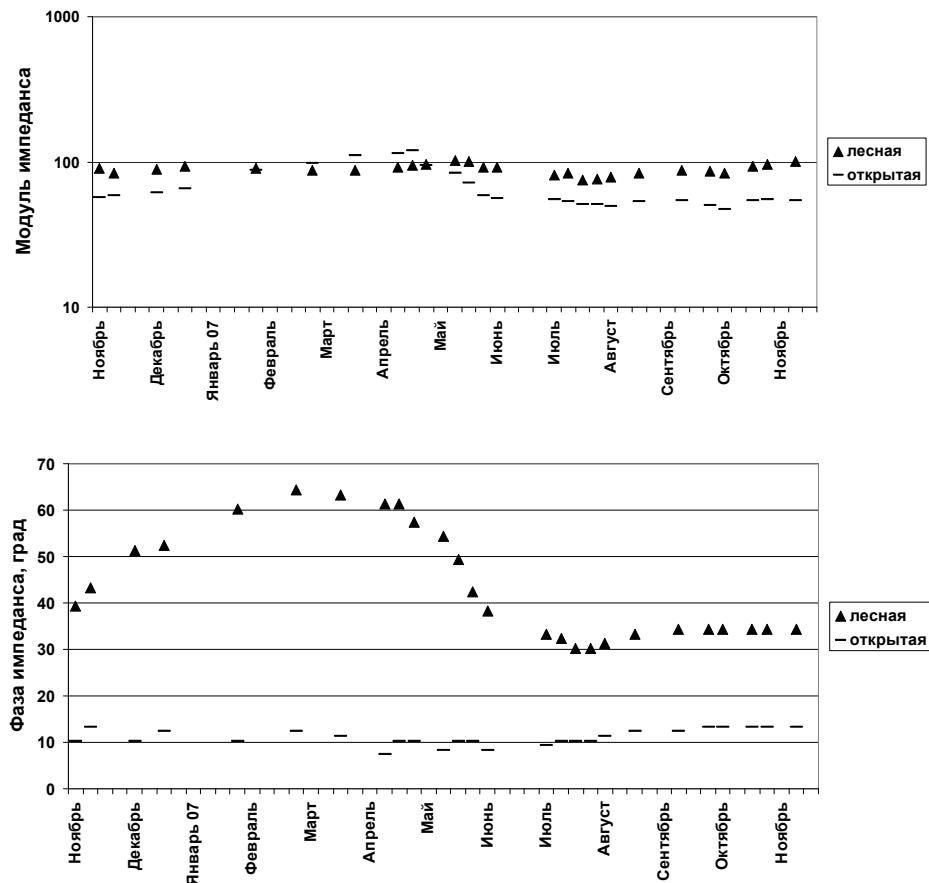


Рис. 2. Вариации модуля и фазы поверхностного импеданса на частоте 549 кГц в период с ноября 2007 г. по ноябрь 2008 г. на лесной и открытой площадках.

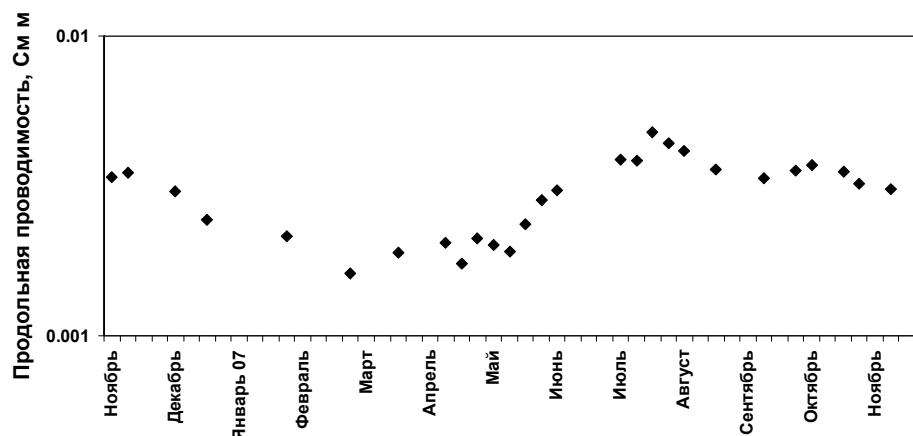


Рис.3. Сезонные вариации продольной проводимости эффективного слоя переменной температуры грунта на лесной площадке в период с ноября 2006 г. по ноябрь 2007 г.

В результате интерпретации данных радиоимпедансного зондирования многолетнемерзлого грунта в нем выделяются следующие верхние слои: талая часть СТС, мерзлая часть СТС и постоянно-мерзлый слой с переменной в течение года температурой. Эти слои находятся в пределах известного слоя годовых колебаний температуры или деятельного слоя. Сложенный из перечисленных слоев, для данного момента времени, результирующий верхний слой назовем, условно, эффективным слоем переменной температуры. Очевидно, мощность эффективного слоя переменной температуры всегда меньше или равна мощности слоя годовых колебаний температуры. Продольная проводимость эффективного слоя переменной температуры равна сумме продольных проводимостей частей СТС и постоянно-мерзлого слоя переменной температуры, а ее изменения

будут иметь различный характер и величину (рис. 3) для следующих четырех периодов времени, на которые можно в данном случае разделить год.

1. Период протаивания ограничим временем, когда происходит интенсивное таяние мерзлой поверхности грунта. Для него характерна резко растущая продольная проводимость талой части СТС, определяемая для момента времени глубиной фактического протаивания и УЭС талого слоя. В результате движения вниз фронта протаивания и волн тепла уменьшаются мощность и УЭС мерзлой части СТС, уменьшается и её продольная проводимость. Движение волн тепла приводит к повышению температуры и понижению УЭС постоянно-мерзлого слоя переменной температуры. Результирующая продольная проводимость эффективного слоя переменной температуры увеличивается.

2. Период стабилизации протаивания представим временем, когда с одной стороны уменьшается и затем прекращается прирост глубины протаивания. Процесс сопровождается высушиванием верхней части СТС за счет испарения влаги из слоя и миграцией влаги из его нижней части к границе мерзлой зоны. С другой стороны, от поверхности грунта начинает расти мерзлая часть СТС. Продольная проводимость талой части СТС в этот период определяется отношением разности глубин протаивания и промерзания к УЭС талого слоя. Постоянно-мерзлый слой переменной температуры испытывает снижение УЭС в результате действия волн тепла. Продольная проводимость эффективного слоя переменной температуры находится примерно на одном уровне.

3. Период промерзания ограничим тем временем, когда происходит постоянное промерзание грунта. Рост мощности мерзлой части СТС сопровождается увеличением его УЭС в результате понижения температуры. Продольная проводимость талой части СТС при этом резко снижается. Движение волн холода приводит к понижению температуры и повышению УЭС постоянно-мерзлого слоя переменной температуры. Продольная проводимость эффективного слоя переменной температуры уменьшается.

4. Период стабилизации промерзания представим отрезком времени, в котором СТС находится в мерзлом состоянии. Повышение температуры воздуха в этот период приводит к понижению УЭС в верхней части СТС. С другой стороны волны холода продолжают понижать температуру постоянно-мерзлого слоя переменной температуры и, тем самым, повышать его УЭС. В результате продольная проводимость эффективного слоя переменной температуры находится примерно на одном уровне.

Для района г. Якутска, в настоящее время, периоды, соответствующие характерным изменениям продольной проводимости эффективного слоя переменной температуры занимают ориентировочно следующее положение в годовом цикле: период протаивания (май–июнь–июль); период стабилизации протаивания (август–сентябрь–октябрь); период промерзания (ноябрь–декабрь–январь); период стабилизации промерзания (февраль–март–апрель). Продолжительность периодов непостоянна и кроме климатических изменений зависит в основном от солнечной экспозиции и толщины снежного покрова, ландшафтных (заселенное или открытое место) и грунтовых (дисперсность, теплопроводность) условий.

Мониторинг сезонного протаивания и промерзания многолетнемерзлого грунта по результатам интерпретации данных радиоимпедансного зондирования позволяет бесконтактным способом достаточно детально проследить динамику, происходящих в деятельном слое изменений, не нарушая при этом естественной среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ефремов В.Н. Электрические характеристики грунтов Центральной Якутии в поле радиоволн // Итоги геокриологических исследований в Якутии в XX веке. Перспективы дальнейшего развития. Якутск: изд-во ИМ СО РАН, 2003. с. 150–167.
2. Павлов А.В. Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах территории СССР. Якутск: Кн. изд-во, 1975. с.304.
3. Ефремов В.Н. Результаты радиоимпедансного зондирования мерзлых земных покровов в аспекте возможностей применения для мерзлотных исследований // Материалы третьей конференции геокриологов России. МГУ им. М.В. Ломоносова 1–3 июня 2005 г. Том 3. М.: Изд-во Московского университета, 2005. с. 305–312.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ГЕОСИСТЕМЫ ПОЛОСЫ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА НАДЫМ-ПУНГА

Казанцева Л.А., Пономарёва О.Е., Опокина О.Л.
Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень.

SPATIAL VARIABILITY OF GEOSYSTEM COMPONENTS ON A ROUTE OF THE NADYM-PUNGA GAS PIPELINE

Kazantseva L.A., Ponomareva O.E., Opokina O.L.
Earth Cryosphere Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tyumen

The constructing of gas pipelines in the north of West Siberia has caused anthropogenous disturbances of natural geosystems. Since 1971 monitoring observations are carried out on the Nadym site allowing scientists to estimate the modern condition of geosystems and the processes that occur in them.

Since 2005, the research of spatial and time variability of components of geosystems (a microrelief, a vegetation cover, and an active layer) is carried out on the Nadym site. Observations over the variability of geosystem components are performed on the 10x10 m plots divided into 100-meter squares in natural and disturbed conditions. On each of such plots the surface was surveyed, the detailed descriptions and measurements of plant height were made, the measurement of surface and ground temperature on the depth of 20 cm was made, the thickness of peaty horizon and the maximum active layer thickness was measured. A number of geosystem components maps was made by the "Surfer" software using the data received: maps of a microrelief, horizontal microlandscape structure, temperature of ground, height of dominant species, thickness of peaty horizon and the maximum active layer thickness. Wells were bored along the west boundary of plots which analysis allowed us to compile the scheme of lithological sections.

The reconstruction of the Nadym-Punga gas pipeline started in 2004, accompanied with the replacing of a pipe and the road construction that caused new significant disturbances. The analysis of the received data shows, that in the case of repeated disturbances on the gas pipeline route the vegetation cover and peat horizon are disappearing almost completely; microrelief, water and thermal balance are disturbed and the permafrost table goes down.

Compiled geosystem component maps allow us to estimate the spatial variability of a microrelief, composition and structure of vegetation, temperatures and thickness of active layer and peat horizon.

Regeneration of the disturbed geosystems goes slowly in comparison with the original geosystems.

С развитием газовой промышленности на севере Западной Сибири, началось линейное строительство газопроводов.

Прокладка трасс газопроводов привела к нарушению природных геосистем, за восстановлением которых с 1971 года на Надымском стационаре [1] ведутся регулярные мониторинговые наблюдения, позволяющие оценить современное состояние геосистем и происходящие в них процессы.

При хозяйственном освоении происходят как прямые изменения геосистем (нарушение микрорельефа, удаление растительного покрова, снятие верхних почвенных горизонтов), так и косвенные (подтопление полосы трассы в результате нарушения стока поверхностных и подземных вод, увеличение глубины сезонноталого слоя и повышение температуры почв и пород.). Также эксплуатация трубопроводов в «горячем режиме» дополнительно усложняет ландшафтные и мерзлотные условия примыкающей к ним зоны.

С 2005 г. на Надымском стационаре проводятся исследования пространственной и временной изменчивости компонентов геосистем (микрорельеф, растительный покров, сезонноталый слой). Наблюдения за изменчивостью компонентов геосистем проводятся на стометровых площадках, разбитых на 100 метровых квадратов в естественных и нарушенных условиях. На каждой такой площадке выполнялось нивелирование относительных отметок поверхности, детальные описания и измерения высоты растительного покрова, измерения температуры поверхности и почвы на глубине 20 см, мощности торфянистого горизонта и максимальной мощности сезонноталого слоя. По данным, полученным в результате этих наблюдений в программе "Surfer" была составлена серия покомпонентных карт: карты микрорельефа, горизонтальной микроландшафтной [2] структуры, температуры почвы, высоты доминантных видов, мощности торфянистого горизонта и максимальной мощности сезонноталого слоя. Вдоль западной границы площадок через 1м были пробурены скважины, анализ которых позволил составить схематические литологические разрезы.

В данном сообщении основное внимание удалено оценке изменений рельефа и механического состава грунтов. Начатая в 2004 г. реконструкция I нитки газопровода Надым–Пунга, сопровождавшаяся заменой трубы и прокладкой притрассовой грунтовой дороги привела к значительным изменениям микрорельефа. В полосе трассы газопровода в результате расчистки трассы были срезаны кочки и бугорки и насыпан слой песка для улучшения проезда транспорта вдоль газопровода. В результате нарушений в полосе трассы образовались как положительные (насыпь, навалы), так и отрицательные (водоотводные канавы, просадки) техногенные формы рельефа.

В качестве примера в данном сообщении приведены карты микрорельефа для мелкобугристого слабо дренированного участка, отличающегося наибольшей пространственной изменчивостью. До нарушения на этом участке был развит осоково–багульниково–сфагново–кладониевый покров. Для микрорельефа площадки были характерны кустарничково–лишайниковые бугорки высотой 70 см, сфагновые кочки и травяно–моховые мочажины, местами с водой (рис. 1).

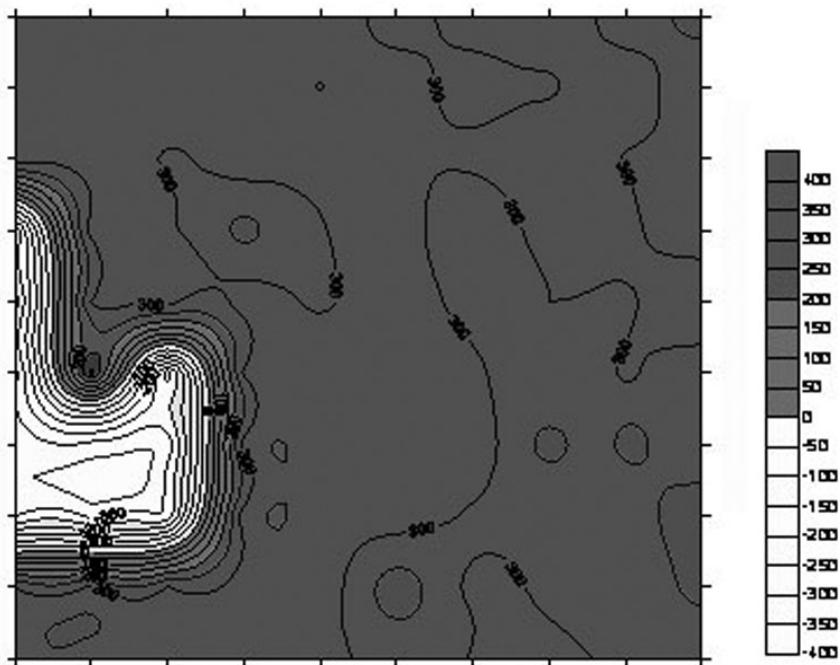


Рис. 1. Рельеф естественной площадки на мелкобугристом участке (7а, 2006 г.).

Через 10 лет после первичного нарушения сформировался ерниково–осоково–политриховый покров, сильно уменьшились площади бугорков после расчистки трассы и возникли микропонижения в результате осадки грунтов. На нарушенной площадке сохранились пятна торфа, не покрытые растительностью. Но через 14 лет на нарушенной площадке был развит уже сплошной ерниково–багульниково–осоковый кладониево–политриховый покров, сохранившийся и через 33 года после нарушения.

В 2004 г. после повторного нарушения большая часть поверхности нарушенной площадки покрыта песком с вкраплениями торфа. В 2005–2006 гг. из-за нарушения поверхностного стока насыпью газопровода 40% площадки было затоплено водой глубиной от 10 до 100 см (рис. 2).

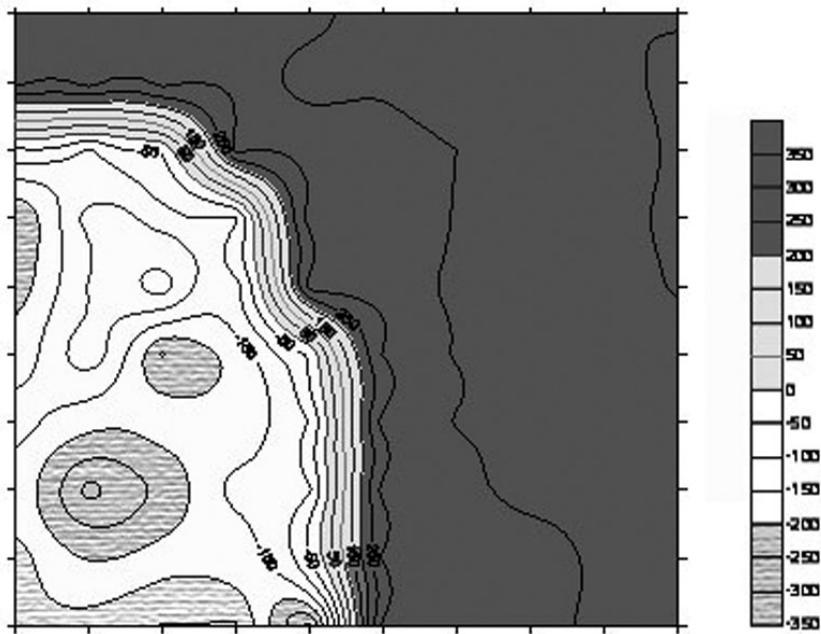


Рис. 2. Рельеф нарушенной площадки (7н, 2006 г.).

На незатопленной повторно нарушенной части площадки появились осока шаровидная, бруслика, багульник и политриховые мхи. Покрытие поверхности травами и кустарничками составило 14%, мхами 3%. На рис. 3 представлен рельеф нарушенной площадки по данным 2007 г., на котором видны изменения,

происшедшие через год. Уменьшился участок, затопленный водой, в местах, где встречаются вкрапления торфа покрытие поверхности травами, кустарничками и мхами увеличилось до 25%.

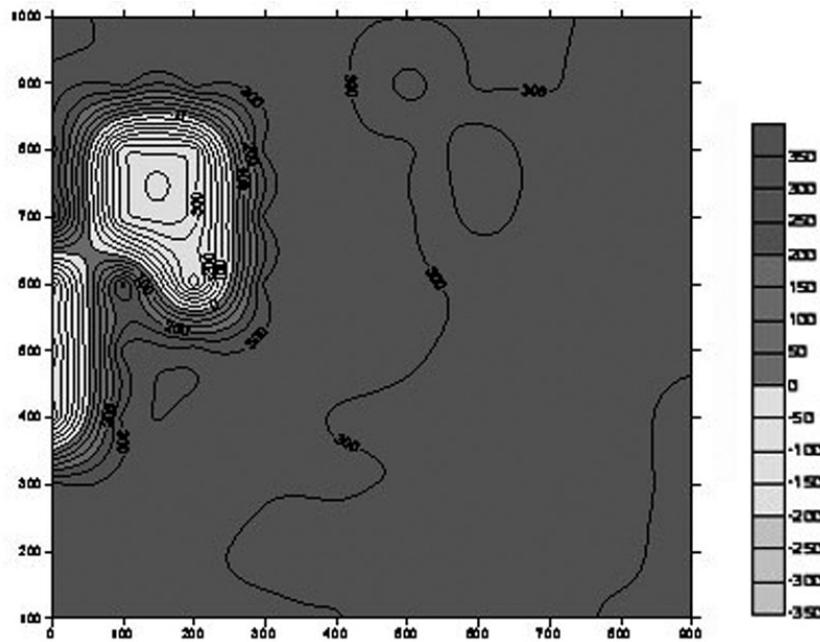


Рис. 3. Рельеф нарушенной площадки (7н, 2007 г.).

Глубина протаивания на ненарушенном мелкобугристом участке была больше на багульниково-лишайниковых бугорках, где она достигала 140 см, и меньше в межкочьях и мебугровьях, занятых мохово-лишайниковой растительностью, где она уменьшалась до 90 см. Средняя глубина протаивания на площадке составила 106 см (рис. 4). На нарушенной площадке кровля многолетнемерзлых пород понизилась до глубины более 8 метров по данным геофизических работ [3].

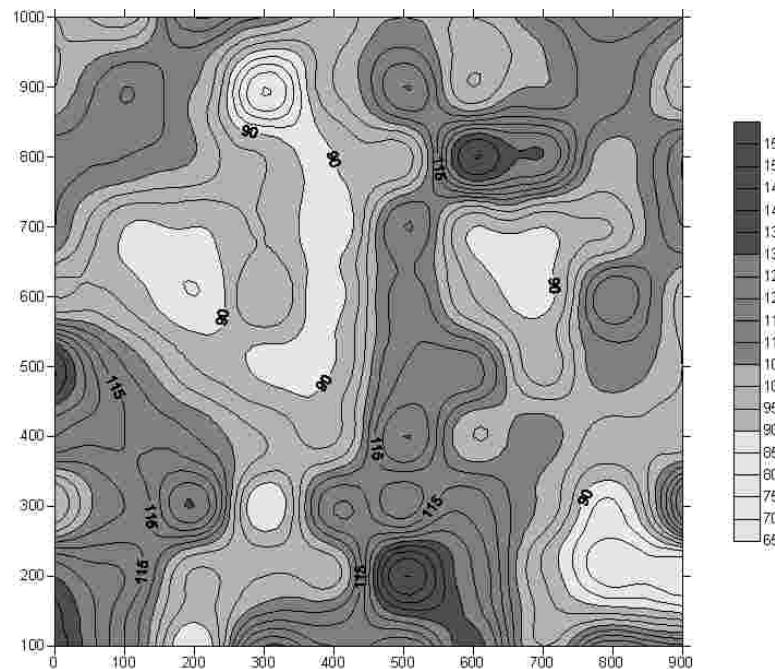


Рис. 4. Глубина протаивания естественной площадки на мелкобугристом участке (7а, 2006г.).

На рис. 5 представлен схематический литологический разрез нарушенной площадки (2007 г.), на котором четко видно, что при техногенном нарушении был снят весь торфяной горизонт.



Рис. 5. Литологический разрез нарушенной площадки (7н, 2007 г.).

На естественной площадке мощность торфяного горизонта варьирует от 25 до 60 см. Искусственно созданный слой представлен песками, на которых растительность будет еще долгое время восстанавливаться. Песчаная поверхность быстрее прогревается от солнечного тепла, чем поверхность естественной площадки. Поэтому температура почвы на поверхности и на глубине 20 см на нарушенных площадках выше чем на естественных на 2–3°C по измерениям, выполненным в 2006–2007 гг.

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что при повторных нарушениях полосы трассы почти полностью удаляются растительный покров и торфяной горизонт нарушается микрорельеф, водный и тепловой баланс, понижается кровля многолетнемерзлых пород.

Составленные покомпонентные карты позволяют оценить пространственную изменчивость микрорельефа, состава и структуры растительности, температуры и мощности сезонноталого слоя и торфянистого горизонта.

Восстановление повторно нарушенных геосистем происходит медленно и в измененном виде по сравнению с исходными геосистемами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Тюменского губернатора.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. Москаленко Н.Г. (ред.). Институт криосферы Земли, М. с.358.
2. Москаленко Н.Г., Славин-Боровский В.Б., Шур Ю.Л. Опыт детального изучения природных комплексов севера Западной Сибири // Тр. ГГО, 1978. Вып.402. с. 94–105.
3. Пономарева О.Е., Скворцов А.Г. Методы и результаты изучения экзогенных геологических процессов в Надымском районе Западной Сибири. «Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения». Материалы международной конференции. Т.1.- Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. с. 272–274.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЯЗИ ПАЛИНОСПЕКТРОВ И КЛИМАТА

Коновалов А.А., Иванов С.Н.

Институт проблем освоения Севера СО РАН, Тюмень.

LAWS OF CONNECTION OF PALINOLOGICAL SPECTRA AND CLIMATE

Konovalov A.A., Ivanov C.N.

Institute of North Development Problem, SB RAS, Tyumen

Offered new method to paleoclimatic reconstructions on palinological palinological spectra, based on the system approach to the interaction palinological and climatic systems and their components. Brought formulas for the determination of elements climate depending on majorant of palinological spectra.

Известные способы реконструкции палеоклиматов [4–7] по палиноспектрам предполагают аналогию формы связей между ними в прошлом и в настоящее время. Если известен возраст горных пород, вмещающих ископаемые палиноспектры, то этот принцип позволяет свести проблему палеоклиматических реконструкций к установлению связей между элементами современного климата и поверхностными палиноспектрами.

Обычно полные наборы флористических элементов в палиноспектрах, достигающие 40 и более единиц, по общему составу объединяют в три группы: 1) пыльца древесных пород и кустарников d_1 (%), 2) то же, трав и кустарничков d_2 , 3) споры d_3 . Они примерно отражают долевое участие в флористическом комплексе верхнего, среднего и нижнего ярусов, которое, как и видовое разнообразие, зависит от климата. Попытаемся установить эту зависимость.

Для количественного анализа трехгруппового палиноспектра используем интегральный показатель $C = (1 - d_1)(1 - d_2)(1 - d_3)$, который, как показали расчеты, зависит, в основном, от доминанты D – группы (d_1 , d_2 или d_3) с максимальным содержанием (весом) пыльцы. Влияние двух других групп проявляется суммарно, как $1 - D = D_s$. Т.е. параметр C можно рассматривать как дихотомию доминанты D и субдоминанты D_s . Их сумма – постоянная величина, равная 1 (100%), при любом климате, а произведение $C = D \cdot D_s$ вслед за D зависит от климата. Пределы изменения D : 0,333...1 и значит D_s - 0,67...0, а C - 0,296...0. Минимум C имеет место при полном преобладании доминантной группы, когда $D=1$, максимум – при отсутствии доминанты, приблизительному равенству всех трех групп (по 0,333). Условие $D \approx 0,333$ характеризует области перехода тундр и полупустынь, соответственно, к холодным и жарким пустыням, где скучная растительность не разведена по ярусам и носит *случайный, хаотический* характер, ограничивая пространство устойчивой (постоянной, непрерывной, климатически детерминированной) фитосфера. За ее пределами хаос постепенно увеличивается до невозможности существования растительности, когда все три d равны 0. Это условие выполняется в области вечного холода, где средняя температура самого теплого месяца не поднимается выше 0°C, и в жарких пустынях, где влажность почвы стремится к 0.

Введем обобщения: $C_{ob} = C / 0,296$; $D_{ob} = (D - D_{min}) / (D_{max} - D_{min})$, где D_{max} и D_{min} – экстремумы D . В нашем случае $D_{max}=1$, а $D_{min}=0,333$ и тогда:

$$D_{ob,c} = 1,5D_c - 0,5.$$

Для 2...4-группового палиноспектра при доминировании любой группы соотношение между C_{ob} и D_{ob} имеет следующий вид [7]:

$$C_{ob} = 1 - D_{ob}^2.$$

Такой вид решения, когда переменные изменяются в интервале 0...1, придает ему универсальный характер, позволяет корректно сравнивать разноразмерные системы, такие, как климат и палиноспектры

По наблюдениям [4-7] величина D в рецентных палиноспектрах растет от 0,33...0,6 в тундре и лесотундре до 0,8...1 в подтайге и северной лесостепи; южнее она уменьшается: до 0,8...0,6 в лесостепной и степной зонах и до 0,6...0 в полупустыне и пустыне. Причем в обширной области от средней тайги до полупустыни, по обе стороны от максимума (единицы) величина D близка к постоянной: 0,7...0,9 (1). В лесотундре, тайге, подтайге и северной лесостепи, как правило, доминирует пыльца деревьев и кустарников. Северней и южней этой области роль доминанты обычно переходит к пыльце трав и кустарничков, реже к спорам.

Анализ имеющихся данных показывает, что ось симметрии $D=1$ по величине и месту расположения близка к радиационному индексу сухости $J=1$ [3], по изолинии которого проходит граница между влажной (плювио-) и засушливой (ксеро-) фитосферами, несколько смещена к югу, в подтаежную область, где $J \approx 1,1...1,2$. Учитывая погрешности обобщения, можно считать, что $D=1$ совпадает с $J=1$ и уменьшение D к северу и югу от оси симметрии увязать с понижением и повышением J относительно единицы из-за уменьшения тепло- или влагообеспеченности, соответственно. Все же для точности учтем эту разницу: $D \approx J/1,15 = J'$. Индекс сухости в устойчивой фитосфере изменяется примерно от 0,25...0,35 у северной границы тундры до 3 у южной границы полупустыни [3]. Кроме того, на северной границе устойчивой фитосфере $J \approx D \approx 0,33$, а на южной - $J \approx 3 \approx 1/D$, т.е. J и D в плювио- и ксерофитосфере в логарифмическом масштабе симметричны. Тогда в плювиофитосфере $\ln D \approx \ln J$; $D \approx 0,87J$, а в ксерофитосфере (при $J > 1,15$) $\ln D \approx -\ln J$; $D \approx 1/0,87J$. На рис. 1 показано приблизительное распределение величины D , рассчитанной по этим формулам, в пределах Тюменской и Омской обл., а также сумм температур воздуха выше 5°C (Σ_5). Границы географических зон (подзон) на рис. 1 принятые по [1,2]. Ранее найдены формулы связи J и Σ_{10} с другими элементами климата (ЭК) [7]. Зная распределение по глубине величины D и возраста вмещающих пород, с помощью рис. 1 и этих формул можно реконструировать климаты прошлого.

Другой путь определения связи D и ЭК заключается в представлении климата, как и палиноспектров, в виде дихотомии безразмерных компонентов d_1 и d_2 , характеризующих теплый и холодный периоды года и в сумме равных 1, например: $d_1 = dt_1 = -t_1/2A$ и $d_2 = dt_7 = t_7/2A$, где $A = (t_7 - t_1)/2$; t_7 и t_1 – средние температуры самого теплого и самого холодного месяцев (обычно июль и январь), произведение которых $C_{kl} = d_1 d_2$ служит интегральной характеристикой двухкомпонентной системы. После обобщения параметров этого квадратного уравнения по типу обобщения C (см. выше), получаем: $C_{ob,kl} = C_{kl} / 0,25$; $D_{ob,kl} = (dt_7 - dt_{7min}) / (dt_{7max} - dt_{7min})$, где dt_{7max} и dt_{7min} – экстремумы dt_7 , а также $C_{ob,kl} = 1 - D_{ob,kl}^2$. Начало дихотомии палиноспектров ($D_{min}=0,33$) логично совместить с изотермой $t_7=5^{\circ}\text{C}$ (начало вегетации холодостойких растений), которая примерно совпадает с северной границей тундры. Величина $2A$ здесь, по данным метеослужбы, в среднем 31° , значит $dt_7=5/31=0,16$, $dt_1=0,84$. В плювиофитосфере dt_7 изменяется от $dt_{7min}=0,16$ до $dt_{7max}=0,5$, тогда $D_{ob,kl} = (dt_7 - 0,16) / (0,5 - 0,16)$. Приравняв $C_{ob,kl}$ к $C_{ob,c}$, после преобразования получаем:

$$\text{при } J < 1: \quad dt_7 \approx 0,5D; \quad dt_1 = 1 - 0,5D;$$

при $J > 1$: $dt_1 \approx 0,5D$; $dt_7 = 1 - 0,5D$.

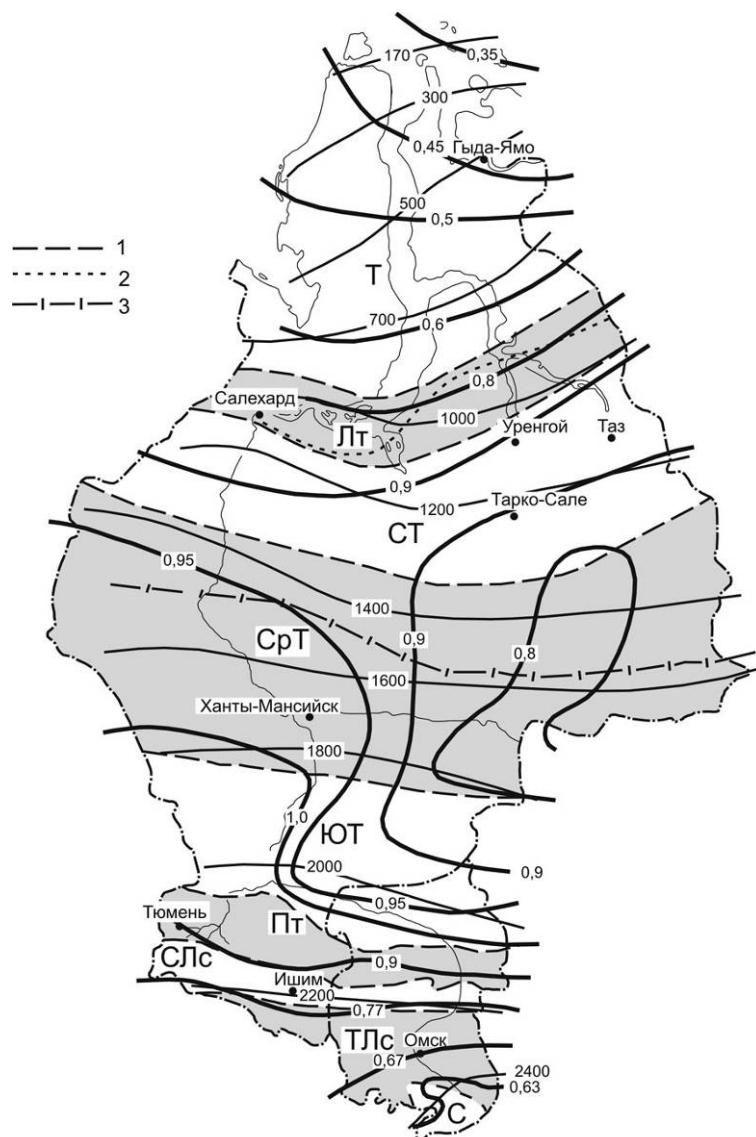


Рис. 1. Изолинии (жирная линия) и (тонкая линия). 1 – границы зон и подзон (Т – тундра, Лт – лесотундра, СТ – северная тайга, СрТ – средняя тайга, ЮТ – южная тайга, Пт – подтайга, СЛс – северная лесостепь, ТЛс – типичная лесостепь, С – степь); 2 – граница сплошной вечной мерзлоты; 3 – граница вечной мерзлоты.

Расчеты по формулам сравнивались с показателями метеостанций с использованием данных лаборатории археологии ИПОСа о распределении рецентных палиноспектров на маршруте Новый Порт – Тюмень. На графике рис.2 приведены значения dt_1 , найденные по этим данным и рассчитанные по формулам. Рис. 2 демонстрирует устойчивую связь dt_1 с D и достаточно высокую степень достоверности этой связи.

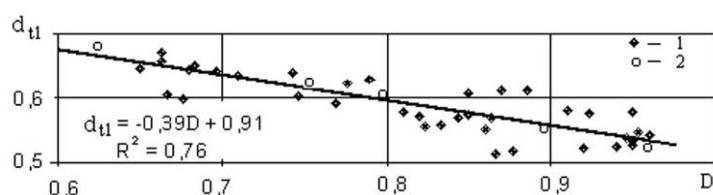


Рис. 2. Связь dt_1 с D (1 – фактические данные, 2 – расчет).

В заключение приведем некоторые (основные) формулы взаимосвязи метеоэлементов, определяющих через посредство J и dt_1 (или dt_7), климатическую зависимость доминанты палиноспектра D , а также величины их достоверности R^2 , полученные при статистической обработке данных метеостанций:

$e_7 = 3566 ve_7 + 069 ж K^2 = 0696$ $e_1 = 1694 - 40631 ve_1 ж K^2 = 0695$ $O = 0607 + 169 ve_7 ж K^2 = 0694$ $e_c = 0633 + 0663(e_7 + e_1) ж K^2 = 0697$	$\Sigma_5 = \Sigma_{10} + 295; R^2 = 0,97$ $\Sigma_{10} = 6346 - 8757 dt_1; R^2 = 0,97$ $U = 240J + 170,2; R^2 = 0,98$ $U_t = 667,4 - 198J R^2 = 0,98$ $Q_c = 2,51t_7 + 41,2; R^2 = 0,96$
---	---

В этих формулах, кроме уже известных обозначений: t_c – среднегодовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; Q_c – суммарная солнечная радиация за год, $\text{kкал}/\text{см}^2$; U, U_t – суммы осадков за год и за теплый период, мм .

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бакулин В.В., Козин В.В. География Тюменской области // Сред.-Урал. кн. изд-во, 1996. с.240.
2. Большаник П.В., Игенбаева Н.О. Эколого-ландшафтное районирование Омского Прииртышья // География и природные ресурсы. Новосибирск, Гео, 2006, 3. с. 37–41.
3. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеоиздат, 1971, с.472.
4. Букреева Г.Ф., Архипов С.А. и др. Климат Западной Сибири: в прошлом и будущем // Геология и геофизика, 1995, т.36, 11. с. 3–22.
5. Гричук В.П. Растительность Русской равнины в нижне- и среднечетвертичное время // Труды Ин-та географии АН СССР, вып. 46. с. 5–202.
6. Климанов В.А. К методике количественного восстановления климата прошлого // Вестник МГУ, сер.географ., 1976, 2. с. 92–98.
7. Коновалов А.А., Иванов С.Н. Климат, фитопродуктивность и палиноспектры: связи, распределение и методика палеореконструкций. Новосибирск. Гео, 2007. с. 130.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ТЕРМОКАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ В ТЕПЛОВОМ ПОЛЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Корниенко С.Г.

Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва.

FEATURES OF THERMOKARST RISK FEATURES IN AN EARTH'S SURFACE THERMAL FIELD USING THE DATA REMOTE SENSING SOFTWARE

Kornienko S.G.

Oil and Gas Research Institute RAS, Moscow

Four sites with different ice content were obtained using the data of thermal remote sensing (TRS) for learning and monitoring of permafrost heterogeneity in the conditions of the earth's surface temperature contrasts variability. Measurements of temperature in wells on island Chetyrekstolboviy in 1986 have shown, that temperature difference on a surface of grounds without massive ice and grounds with abundance of massive ice in the first half of July practically doesn't exist. The measurements in August of the same year have shown that the contrast of temperature on an earth's surface for sites with different ice content can reach the values from 1.4 up to 2.6°C under the same vegetation cover.

9 Landsat satellites images that were shot in summer and autumn 1985-2001 were interpreted and compared to a fragment of Bovanenkovskoe field (Yamal) thermokarst risk (TR) map. The fact of TR features was obtained only on images of September and October depending on the values of radiation temperature (RT), and the sites where TR features were not obtained are characterized by positive anomalies RT at this time of year. In September, the contrasts of RT make about 3-4°C, and if the vegetation cover heterogeneity (~ 30%) is taken into account, the actual contrast of temperature can make 2-5°C. The comparison of thermal channels information with the seasonal changes of the NDVI parameter (parameter of phenological phase and vegetation heterogeneity) has shown that during the summer months, vegetation cover can hide the temperature contrasts on a surface with different ice content.

Outcomes of the remote sensing data of Bovanenkovskoe field are in good correlation with the tendencies on island Chetyrekstolboviy. The distribution of TR features on the surface in autumn, apparently, is related with two factors: the absence of active vegetation and the creation of the significant temperature contrasts in active layer that is caused by the different ice content.

К числу основных задач, связанных с разработкой метода изучения неоднородностей многолетнемерзлых пород (ММП) по данным теплового дистанционного зондирования (ТДЗ), следует отнести

общение экспериментальных данных, характеризующих возможность проявления термокарстовой опасности (ТО) и контрастной льдистости грунтов в тепловом поле земной поверхности. Известно, что ТО, в первую очередь, характеризуются содержанием льда в мерзлых грунтах. Принято, что к малольдистым относятся грунты, содержащие менее 20% льда в объеме, к высокольдистым относятся грунты, содержащие более 50% льда. Лед имеет гораздо более высокие значения теплопроводности и теплоемкости, по сравнению с типичными грунтами – суглинками, песчаниками, супесями. Теплофизические свойства мерзлых грунтов могут характеризоваться т.н. тепловой инерцией (ТИ) = $\sqrt{\lambda \cdot C \cdot \rho}$, где λ, C, ρ соответственно эффективные теплопроводность, теплоемкость и плотность грунтов. Расчеты по модели однослоиной среды (без растительного покрова), показывают, что толщина слоя, участвующего в теплообменном процессе порядка 5–8 м. Теоретически эта величина характеризует слой, на поверхности которого по разности температуры в плане могут быть зафиксированы признаки контрастной эффективной льдистости грунтов.

В определенных фазах сезонных колебаний температуры контрастные по льдистости и ТИ грунты должны проявляться максимальным контрастом температуры на поверхности. При прочих равных условиях в периоды максимального прогрева, когда тепловой поток направлен сверху вниз, малольдистые грунты с низкой ТИ имеют более высокие значения температуры деятельного слоя и поверхности, по сравнению с высокольдистыми грунтами. В то же время существуют периоды инверсии, когда разница температуры на поверхности, связанная с контрастной льдистостью грунтов, будет минимальна. На высоких широтах для районов сплошного распространения ММП это приблизительно июнь–июль.

Иллюстрацией периода инверсии могут быть результаты наблюдений в скважинах в первой половине июля 1986 г. на о. Четырехстолбовом [1] (рис.1). Скважина № 242 (12.07.86) пробурена в борту овражка на водораздельном склоне южной экспозиции, **без** массивных льдов, растительный покров (РП) отсутствует, оттаявший слой 0,2 м представлен алевритами. Скважина № 241 (9.07.86) пробурена на южном водораздельном склоне, РП – 0,15 м, присутствуют массивные льды мощностью 4,5 м. Надо льдом залегает мерзлый сильно льдистый алевритово-торфяной слой 2 м. Породы везде представлены мерзлыми суглинками с преобладанием алевритов.

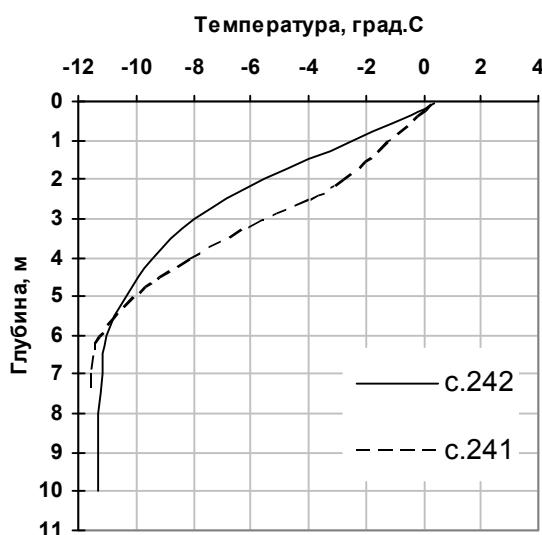


Рис. 1. Распределение температуры в отложениях различной льдистости на о. Четырехстолбовом.

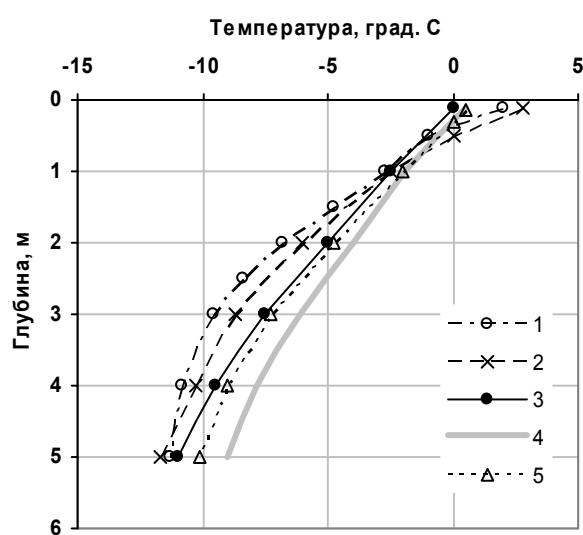


Рис. 2 Распределение температуры в отложениях не содержащих массивные льды: 1 - скв. 232/10; 2 - скв. 221 и содержащих мощные ледяные жилы: 3 - скв. 226 (мощность льда 15 м); 4 - скв. 252 (мощность льда 8,5 м); 5 - скв. 227 (мощность льда 8 м).

На рис. 2 даны результаты измерения температуры в скважинах, полученные в том же районе менее чем через месяц (1-3 августа) того же года при температуре воздуха 6–8°C. При мощности мохового покрова 0,1–0,15 м. разница температуры на поверхности грунтов с контрастной льдистостью составляет порядка 2,0–2,5°C, однако с учетом ошибки, связанной с неоднородностью РП и оцененной примерно в 30%, максимальные контрасты температуры могут находиться в пределах 1,4–2,6°C.

Для определения возможности обнаружения признаков ТО по данным ТДЗ и воспроизводимости результатов были проанализированы 9 космических снимков со спутников Landsat 4,5,7 участка Бованенковского месторождения (п-ов Ямал) разных лет с 1985 по 2001 гг. и разных дат в июне, июле, августе, сентябре и октябре.

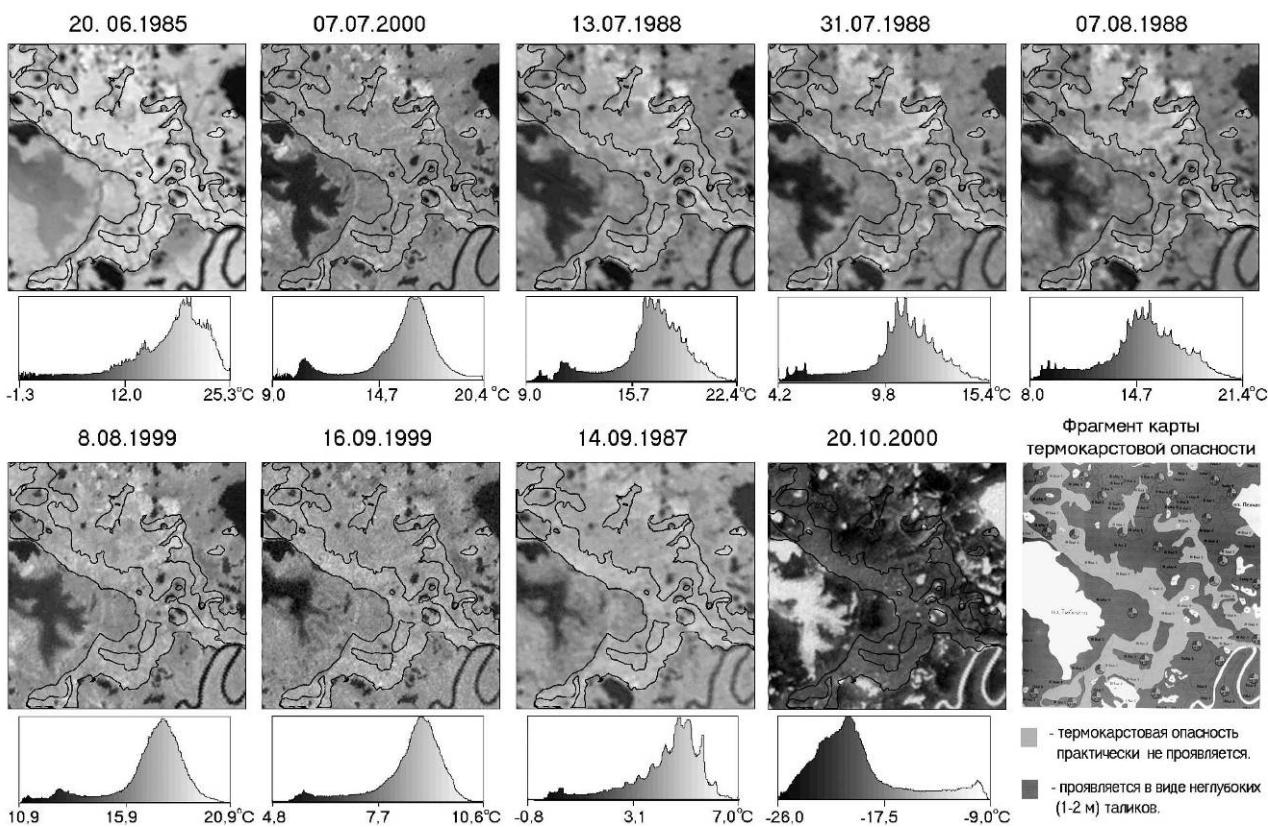


Рис. 3 Характер проявления аномалий РТ над участками ТО в летне-осенний период

Данные космической съемки сопоставлялись с фрагментом карты ТО, построенной С.Е.Суходольским и А.Л.Чеховским [2]. Было установлено, что факт проявления признаков ТО регистрируется по значениям радиационной температуры (РТ) только на снимках сентября и октября, причем участки отсутствия ТО характеризуются в это время положительными аномалиями РТ. На рис. 3. черным контуром на каждом снимке обозначены границы между участками различной ТО, сняты с фрагмента карты. В сентябре максимальные контрасты РТ составляют около 3-4°C, а с учетом ошибки, связанной с неоднородностью РП (30%), реальный максимальный контраст температуры может лежать в пределах от 2 до 5°C.

Количественная оценка связи аномалий РТ с зонами различной ТО для разных периодов определялась по параметру G , характеризующему процент попадания положительных значений РТ на участки без признаков ТО:

$$G = S_2 / S_1,$$

где S_1 – площадь аномально высоких значений РТ, равная площади участков без признаков ТО, S_2 – часть от площади S_1 , попадающая в область без признаков ТО.

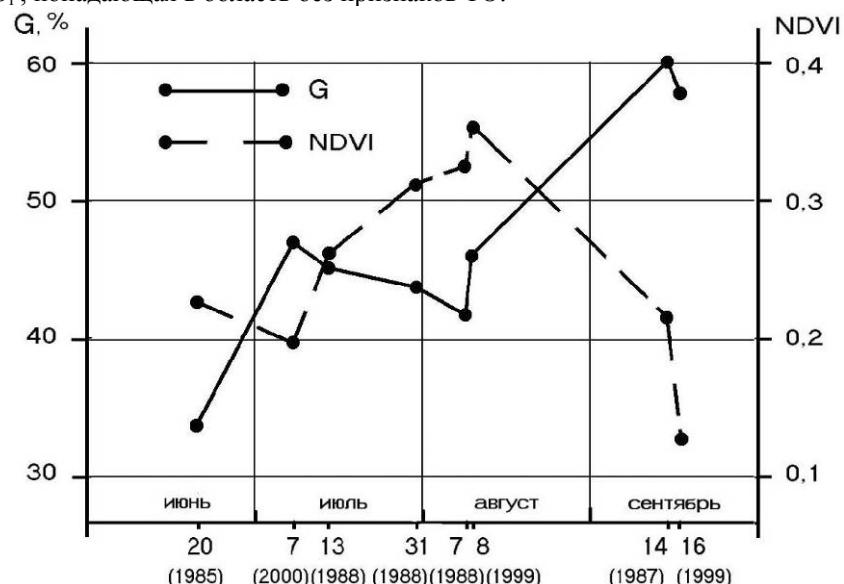


Рис. 4 Связь сезонной изменчивости контрастов РТ с фазами вегетации

На рис.4 изменение параметра G дано в сравнении с параметром NDVI, рассчитываемым по данным 3 и 4 спектральных каналов спутников серии Landsat. Параметр NDVI характеризует содержание хлорофилла в РП, и в разные периоды отражает фенологические фазы растительности и/или ее неоднородность. Тундровая растительность, в основном, характеризуется низкими значениями этого параметра, поэтому значения выше 0,25 относятся к активной фазе ее вегетации [3]. Покровы со значением NDVI ниже 0,15 сравнимы с открытыми почвами. Учитывая наличие снежного покрова в октябре, параметр NDVI на эту дату не рассчитывался.

Параметр G минимальен в июне, максимальен в сентябре, и незначительно меняется от июля до сентября в период активной вегетации. Отсюда следует, что ТО, связываемая с контрастной льдистостью грунтов, явно не проявляется в контрастах РТ в начале лета даже при отсутствии маскирующего влияния неоднородного РП, в то время как в сентябре эти контрасты максимальны.

В целом, результаты, полученные по данным космического ТДЗ на участке Бованенковского месторождения хорошо согласуются с типичными тенденциями проявления контрастной льдистости грунтов в тепловом поле земной поверхности, выявленными, в том числе, на о. Четырехстолбовый. Проявление ТО в распределении РТ поверхности в осенний период, по-видимому, связано с двумя факторами: отсутствием активно вегетирующей растительности и формированием значимых температурных контрастов в деятельном слое, обусловленных контрастной льдистостью грунтов.

ЛИТЕРАТУРА:

- Плахт И.Р., Кудрявцева Н.Н., Карташова Г.Г. и др. Специализированные мерзлотно-геологические исследования на шельфе Восточно-Сибирского моря и палеошельфе Колымской низменности. М., 1986, т. I, с.197.
- Инженерно-геологический мониторинг промыслов Ямала: В 2-х томах Т.2. Геокриологические условия освоения Бованенковского месторождения / Под ред. В.В. Баулина. Тюмень: ИПОС СО РАН, 1996. с.234.
- Huete A.R. Environmental monitoring with remote sensing // J. Artiola, I. Pepper, M. Brusseau (eds). N.Y., Acad. Press, 2004, chap. 11, p.183-206.

МОНИТОРИНГ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ И ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ В ПОЛОСЕ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА НАДЫМ-ПУНГА

Москаленко Н.Г., Казанцева Л.А., Матышак Г.В., Орехов П.Т., Пономарева О.Е., Устинова Е.В.
Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень.

MONITORING PERMAFROST AND LANDSCAPE CONDITIONS IN THE ROUTE OF THE NADYM-PUNGA GAS PIPELINE

Moskalenko N.G., Kazantzeva L.A., Matyshak G.V., Orekhov P.T., Ponomareva O.E., Ustinova E.V.
Earth Cryosphere Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Tyumen.

Permafrost and landscape researches are started in the northern taiga Nadym area of West Siberia in 1967. Since 1971 when began construction of a gas pipeline entered into operation in 1972, stationary observations over a microrelief, a vegetation cover, thickness and moisture of a active layer, soil and ground temperature on fixed transects and plots are carried out. Transects and plots have been chosen in not disturbed and disturbed geosystems [1]. Spent observations were accompanied by repeated (with an interval of 3-5 years) landscape mapping of the route of the gas pipeline and adjoining to it not disturbed territory. Since 2006, except for ground geosystems, have started to study lake natural complexes.

For an estimation of spatial and temporary changes of landscape and permafrost conditions aerial photographs from different years were decoded and ecosystem maps of a rank of tracts and facies were compiled.

On fixed plots in the natural and disturbed conditions spatial and temporary variability of various ecosystem components was studied, and a series of the large-scale component maps, reflecting features structure of researched ecosystem component structure of a rank of facies and microfacies was compiled.

The collected materials on separate components of geosystems (a climate, permafrost and landscape conditions, soil, vegetation, small mammals) are entered in the developed computer database.

In the beginning of a century new tendencies in development long-term frost heave which reflect decrease in intensity of long-term frost heave owing to warming a climate and increase of a temperature background at human-induced impact have appeared. On data of the Nadym weather station for 1970-2006 the trend of increase of mean-annual temperature has made 0.04 °C. in a year, and the sums of summer temperatures - 0.3°C. The steady increase in seasonal thaw depth and rise in temperature of ground in all natural geosystems is connected to rise in air temperature.

Researches were carried out at financial support of grants of the Tyumen governor and NSF (ARC-0632400, ARC-0520578).

Наши геокриологические и ландшафтные исследования начаты в Надымском районе северной тайги Западной Сибири в 1967 г. С 1971 г., когда началось строительство газопровода, введенного в эксплуатацию в 1972 г., проводятся стационарные наблюдения за микрорельефом, растительным покровом, мощностью и

влажностью сезонно-тального слоя, температурой почв и пород на постоянных профилях и площадках. Профиля и площадки были выбраны таким образом, чтобы охватить ненарушенные и нарушенные геосистемы [1]. Проводимые наблюдения сопровождались повторной (с интервалом 3–5 лет) ландшафтной съемкой полосы трассы газопровода и прилегающей к ней ненарушенной территории. С 2006 г. кроме наземных геосистем начато изучение аквальных природных комплексов.

Для оценки пространственных и временных изменений ландшафтных и геокриологических условий дешифрировались аэроснимки залетов разных лет, по которым составлялись карты геосистем ранга уроцищ и фаций.

На постоянных площадках в естественных и нарушенных условиях изучалась пространственная и временная изменчивость различных компонентов геосистем, и составлялась серия крупномасштабных покомпонентных карт, отражающая особенности структуры исследуемых компонентов геосистем ранга фаций и микрофаций [2].

Собранные материалы по отдельным компонентам геосистем (климат, геокриологические и ландшафтные условия, почвы, растительность, мелкие млекопитающие) вводятся в разработанную компьютерную базу данных.

Анализ морфологической структуры геосистем показал, что под влиянием нарушения микрорельефа, снятия растительности и торфянистого горизонта мощностью до 20 см микрофациальная структура геосистем в первые годы после нарушения упрощается: уменьшается число выделенных контуров микрофаций и упрощается их внутренняя организация. В результате нарушения стока насыпью газопровода 30% площади было затоплено водой, сократились площади, занятые кочками, и возникли техногенные микропонижения. Морошково–багульниково–сфагново–кладониевое сообщество, ранее развитое на торфянике, сменилось пущицово–осоково–политриховой группировкой, покрывающей 40% поверхности нарушенной площадки. Через 10 лет после нарушения на плоскобугристом торфянике сформировался сплошной пущицово–осоково–политриховый покров. Однако мозаичность растительного покрова нарушенного плоскобугристого торфяника стала более пёстрой, число контуров микрофаций увеличилось в 2 раза. Пущицово–осоково–политриховый покров через 30 лет в результате продолжавшейся осадки поверхности, понижения кровли многолетнемерзлых пород, развития термокарста и заболачивания сменился более однородным пущицово–сфагновым покровом с редкими моховыми и пущицевыми кочками. Если отмечаемая в последнее десятилетие тенденция к увеличению количества летних атмосферных осадков не изменится [3], то пущицово–сфагновый покров на торфянике может сохраниться неопределенно долгое время.

Нарушение почвенного покрова приводит к изменению гидротермического режима и, как следствие, изменению интенсивности и направленности таких важнейших почвенных процессов, как дыхание, трансформация органического вещества, окислительно–восстановительные процессы.

Интересны результаты, полученные при проведении эксперимента по изучению антропогенного влияния на эмиссию газов из почв ландшафтов, содержащих многолетнемерзлые породы. Измерялась фоновая эмиссия с поверхности, после этого удалялся сезонноталый слой и проводились измерения эмиссии с поверхности мерзлоты непосредственно после ее вскрытия и через 24 часа. На всех изученных площадках наблюдался резкий выброс изученных газов (CH_4), на несколько порядков превышающий фоновую эмиссию (таблица).

Таблица. Эмиссия с поверхности мерзлоты при нарушениях ($\text{мг}/\text{м}^2$ в час)

Ландшафт	Фон	Через 24 часа
Плоскобугристый торфяник	0,0624807	0,4265244
Деградирующий торфяник	0,0003942	0,1820547

При этом можно отметить, что при низкой эмиссии с поверхности плоскобугристого торфяника вклад законсервированного в мерзлоте CH_4 максимален, тогда как для деградирующего торфяника основную роль в эмиссии метана выполняет сезонноталый слой торфа. В любом случае очевиден факт катастрофического влияния на газовую фазу мерзлотных почв нарушений любого рода, особенно вызывающих деградацию многолетнемерзлых пород. Помимо изменения ряда физических и химических показателей почв, мы наблюдаем выброс в атмосферу огромного количества парниковых газов, что может усложнять и без того негативные тенденции современных климатических изменений.

Измерения температуры пород в скважинах, заложенных на торфянике в естественных и нарушенных условиях, показали (рис. 1), что наибольшие различия в температуре наблюдаются на глубине 1 м. Повышение температуры под влиянием нарушения на глубине 5 м небольшое, а на глубине 10 м оно практически не выражено. На этой глубине также наблюдается повышение температуры пород за 1972–2007 годы на $0,8^\circ\text{C}$, обусловленное повышением температуры воздуха [4]. По данным метеостанции Надым за 1970–2006 гг. тренд повышения температуры воздуха составил $0,04^\circ\text{C}$ в год.

В результате проведения повторного нивелирования марок на профилях выявлены новые тенденции в развитии процесса пучения. Отметки поверхности вдоль профилей определяются в конце лета, так как к этому времени уже сведен к минимуму подъем поверхности, вызванный сезонным пучением, и данные о высоте поверхности позволяют судить об интенсивности процесса многолетнего пучения.

Установлено, что поверхность плоскобугристого торфяника испытала скачкообразный подъем в суровые зимы 1985, 1999 гг. и за 32 года стала выше на 67 см, чем была в начале наблюдений. Особенностью пучения на плоскобугристом торфянике является неравномерный подъем поверхности по площади. После 1999 г. подъем поверхности замедлился. Поверхность плоскобугристого торфяника в последние годы стала более стабильной (рис. 2). Эти изменения в целом отражают уменьшение интенсивности многолетнего пучения, обусловленное потеплением климата и повышением температурного фона под влиянием техногенного воздействия.

Изучение аквальных геосистем в Надымском районе проводилось на трех геоморфологических уровнях - на III озерно-аллювиальной равнине, II надпойменной террасе и пойме. Все изученные озера относятся к озерам термокарстового происхождения. Озерно-котловинные формы в зависимости от размера разделены на мелкокотловинные, среднекотловинные и крупнокотловинные [5].

Мелкокотловинные – просадочные озерные водоемы диаметром до 0.1 км. Отметки глубин в мелкокотловинных озерах колеблются от 0.1 до 0.8 м. Донные осадки представлены торфянистыми илами. Температура воды в данном типе озер мало отличается от температуры воздуха.

Среднекотловинные формы – просадочные озерные водоемы диаметром от 0.1 до 1.0 км разнообразной формы от сильно вытянутых до круглых. Отметки глубин в среднекотловинных озерах колеблются от 0.5 до 1.4 м. Дно плоское со множеством локальных небольших углублений и западин. Донные осадки также представлены торфянистыми илами.

Температура воды в данном типе озер также мало отличается от температуры воздуха, как и в озерах мелкокотловинного типа.

Крупнокотловинные озера диаметром в несколько километров могут быть образованы в результате слияния нескольких мелких озер. Полевые исследования в них в районе Надымского стационара пока не проводились.

Таким образом, составленные в результате мониторинга ландшафтных условий карты могут служить основой для создания прогнозных карт изменения геосистем под влиянием линейного строительства и геоэкологических карт.

Изучение аквальных геосистем разных геоморфологических уровней позволило выделить разные морфологические типы озер и особенности температурного режима воды в озерах.

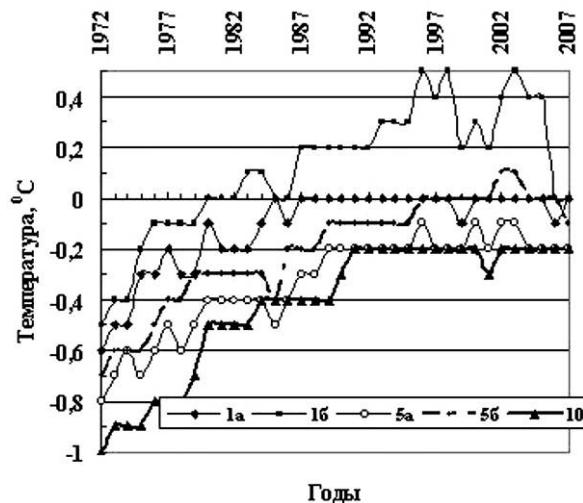


Рис. 1. Температура пород (°С) плоскобугристого торфяника в естественных (а) и нарушенных (б) условиях на глубинах (м): 1, 5, 10.

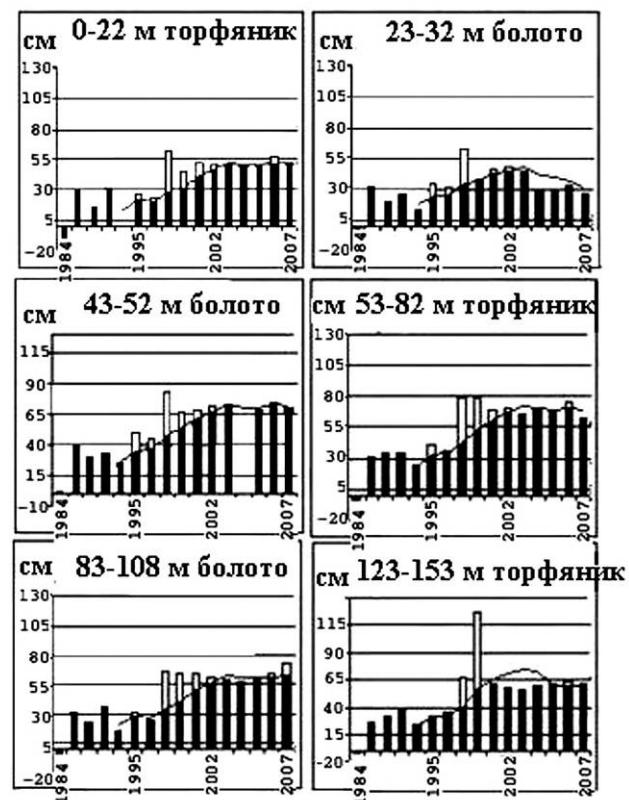


Рис. 2. Диаграммы отклонения поверхности вдоль профиля на плоскобугристом торфянике от ее положения в 1974 г. по данным повторных нивелировок и линии тренда.

В начале века появились новые тенденции в развитии многолетнего пучения вследствие потепления климата и повышения температурного фона при техногенном воздействии

Влияние техногенеза на почвенный покров разнообразно, разнонаправлено и проявляется с различной интенсивностью. Нарушение почвенного покрова приводит к изменению гидротермического режима и, как следствие, изменению интенсивности и направленности важнейших почвенных процессов. Исследованы стадии восстановления растительного покрова нарушенных геосистем за 1972–2007 годы.

В последние десятилетия наблюдается повышение температуры воздуха. По данным Надымской метеостанции за 1970–2006 годы тренд повышения среднегодовой температуры составил 0.04°C в год, а сумм летних температур – 0.3°C. С повышением температуры воздуха связано устойчивое увеличение глубины сезонного протаивания. Увеличение глубины протаивания на торфянике за 37-летний период составило 35%. Температура пород во всех природных геосистемах повысилась.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. Ред. Москаленко Н.Г. М.: РАСХН, 2006. с.358.
- 2.Москаленко Н.Г. Микрофитоценозы некоторых ландшафтов севера Сибири и их индикационное значение // Тр. МОИП, 1970. Т.36. с.137-145.
- 3.Москаленко Н.Г. Динамика морошково-багульниково-сфагново-кладониевого торфяника в естественных и нарушенных условиях северной тайги Западной Сибири // Биоразнообразие растительного покрова Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. Сыктывкар, 2007. с. 108-119.
- 4.Павлов А.В. Прогноз эволюции криолитозоны на севере Западной Сибири (по данным мониторинга) // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли в Арктике и Субарктике. Новосибирск, Наука, 1997, с. 94-102.
- 5.Шаманова И.И., Уваркин Ю.Т. Зональные особенности подозерных таликов на севере Западной Сибири // Тр. ПНИИС, вып. 29. Геокриологические исследования при инженерных изысканиях. М.; Стройиздат, 1976. с. 70-83.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРФОЛИТОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА ГАЗОПРОВОДА ЧЕРЕЗ БАЙДАРАЦКУЮ ГУБУ КАРСКОГО МОРЯ

Носков А.И., Камалов А.М., Огородов С.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет.

GIS-TECHNOLOGIES APPLYING FOR THE INVESTIGATION OF BAYDARATSKAYA BAY (KARA SEA) COASTAL DYNAMICS

Noskov A.I., Kamalov A.M., Ogorodov S.A.

Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty, Moscow

For the research of Baydaratskaya Bay's (Kara Sea) coasts dynamics the modern GIS-technologies are applied actively. The hi-tech equipment (total stations, GPS, sounding devices, side-looking sonar) under the control of modern GIS software considerably facilitates such work. GIS-technologies include geographical database of 20 years investigation period, the catalogue of electronic maps and the block of modeling and prognosis. The created system is successfully applied for two years and now it is improving actively.

С конца 80-х гг. прошлого столетия на берегах Байдарацкой губы Карского моря ведутся комплексные исследования динамики береговой зоны в рамках изысканий для строительства подводного перехода газопровода. Большую часть времени изыскания проводились традиционными методами (прямые измерения на местности, ручные расчеты и графические построения), накопился большой объем бумажного материала, требующий обработки. Тем не менее, многие составляющие проблемы оставались не решенными в связи с несовершенством традиционных методов, их дороговизной и низкой производительностью. Развитие научно-технического прогресса привело к совершенствованию подходов в изысканиях. Прежде всего, была обновлена инструментально-приборная база (в изысканиях активно стали применяться GPS, электронные тахеометры и т.д.), стали использоваться новые типы данных (например, космические снимки сверхвысокого разрешения), появилась возможность составления электронных баз геоданных и высококачественной производительной электронной обработки и вывода материалов.

Все изучение динамики береговой зоны Байдарацкой в рамках изысканий в настоящее время осуществляется с активным применением новейших геоинформационных технологий. На сегодняшний день работа основана на разработанной геоинформационной системе динамики берегов Байдарацкой губы (далее ГИС). ГИС используется как в рамках полевых, так и в рамках камеральных этапов. В основе системы – база геоданных, содержащая все (без исключения) материалы исследований (начиная со сканированных копий полевых дневников и данных тахеометрических съемок, заканчивая результатов расчетов моделей). Ядро системы составляет набор электронных карт самого различного содержания. Также важной составляющей ГИС

является компонент, занимающийся моделированием динамики береговой зоны, реализованный в качестве написанных на языке C#2005 (с использованием платформ .NET2 и ArcObjects) файлов DLL, работающих с основной программной оболочкой ГИС – ArcGIS/ArcView9.2.

Как уже было сказано, ГИС в рамках работ используется на всех этапах. На предполевых работах система применяется для планирования работ. Например, при планировании работ июля–октября 2007 г. были созданы карты маршрутов полевых, предполагаемых галсов промеров и т.п. В систему включены тексты нормативных документов, что значительно облегчает планирование работ. Непосредственно на полевом этапе система, прежде всего, выполняет роль сборщика данных. Ежедневно в ГИС заносились результаты работ (такеометрическая съемка, промер и т.п.), выяснялось точное местоположение объектов и т.п. На постполевом этапе, используя ресурсы системы, в полуавтоматическом режиме составлялись карты по результатам работ, производились расчеты.

Геоинформационная система реализована в виде трех основных блоков.

Блок №1. База геоданных. Данный блок состоит из данных, необходимых для полноценного функционирования системы. Прежде всего, это набор морских навигационных и топографических карт различных масштабов, различные данные архивного характера (например, статьи по объекту и предмету исследования, данные по координатам опорной съемочной сети, многолетний ряд метеонаблюдений, полученных на ГМС, расположенных на берегах Байдарацкий губы). Результаты повторного поперечноберегового профилирования, повторной тахеометрической съемки, полученные с целью прямого изучения динамики береговой зоны. Также в системе хранятся данные эхолотирования и ГЛБО, эти данные используются для изучения донных процессов, оказывающих влияние на динамику береговой зоны. Важную роль играет набор космических снимков различного разрешения и охвата, снимки позволяют использовать принципиально новых подход в плане изучения динамики арктических берегов.

Блок №2 (основной). Серия электронных карт. Данный раздел создан на основе блока №1. Электронные карты, представленные в системе можно подразделить на три уровня: обзорный, основной, детальный.

В обзорном уровне представлены карты масштаба 1:200 000 и мельче (это карта ключевых участков изучения динамики берегов Арктики, батиметрическая (1:200 000) и геоморфологическая карта дна Байдарацкой губы (1:200 000)).

Основной уровень (масштаб 1:100 000) составлен главным образом из карт динамики береговой зоны, которые, в свою очередь, подразделяются на карты динамики берегов и карты основных литодинамических характеристик береговой зоны. Основное назначение карт динамики берегов – отображение в наглядной форме скоростей отступания береговых уступов и поперечнобереговых профилей, составленных по результатам тахеометрической съемки от контрольных реперов. Данные показатели непосредственно характеризуют береговую динамику. Большие скорости отступания береговых уступов и профили с крутыми береговыми уступами соответствуют наиболее подверженным абразии участкам. Скорости отступания и береговые профили взаимно дополняют друг друга, наиболее полно характеризуя береговую динамику. На картах литодинамических характеристик береговой зоны отображаются элементы, косвенно характеризующие динамику берегов: волнноэнергетические характеристики, направления потоков вдольбереговых наносов, гранулометрический состав наносов пляжа. Волнноэнергетические характеристики были рассчитаны на камеральном этапе работ. На карте отображаются в виде векторной локализованной в створе перехода диаграммы. Длина стрелки пропорциональна величине волновой энергии. Направления вдольбереговых потоков наносов было выяснено на основании расчетов потоков волновой энергии для определенных участков. Гранулометрический состав пляжевых отложений характеризует интенсивность воздействия волн и потоки вдольбереговых наносов.

Следующий уровень детальный. В данном разделе представлены батиметрические карты масштаба 1:5000, карты составлены на основе промерных работ и гидрометеорологических наблюдений (отслеживание и привязка уровня моря к Балтийской системе высот) лета 2007 г. Также составлена карта отступания берегов (точнее, отступание бровки берегового уступа на абразионных участках и границ штормового заплеска на аккумулятивных). Карты составлены на основании привязанных, трансформированных, скорректированных и дешифрированных аэрофотоснимков сверхвысокого разрешения 1988 и 2005 гг.

Блок №3, моделирование и прогноз, на сегодняшний день находится на стадии активной разработки. На сегодняшний день в рамках данного блока на основании базы геоданных и набора электронных карт был составлен прогноз отступания берегов на краткосрочную перспективу в масштабе 1:2500. Помимо этого, в разделе представлена модель, позволяющая рассчитать волнноэнергетические характеристики береговой зоны по методу Попова-Совершаева (эта модель во многом используется для составления достоверного прогноза). Модель реализована в виде DLL-файла, написанного на C#2005. Основная программа (ArcGIS), запускает модель направляя строго форматированный поток данных, получая в качестве входного потока результат расчетов. В настоящее время отлаживается работа программы, обрабатываются ситуации всех возможных исключений.

Таблица. Общая характеристика системы электронных карт, представляющих собой главную составляющую разработанной ГИС

Название карт	Масштаб (1:...)	Аспекты картографирования	Способы картографического изображения
Батиметрическая и геоморфология дна	200 000	Характеристика донного рельефа всей Байдарацкой губы	Изолинии, качественный фон, линейные знаки
Динамики берегов (для Ямальского и Уральского участков изысканий)	100 000	Скорости отступания берегов, поперечнобереговые профили	Локализованные диаграммы
Литодинамических характеристик береговой зоны берегов (для Ямальского и Уральского участков изысканий)	100 000	Волноэнергетические характеристики, гранулометрический состав пляжевых наносов, потоки вдольбереговых наносов	Локализованные диаграммы, линейные знаки, значки
Карта отступания береговой зоны Уральского участка	25 000	Бровки береговых уступов или границы штормовых заплесков на 1988 и 2005 гг., полученные при совмещении разновременных аэрокосмич. снимков	Линейные знаки
Батиметрические карты (до 12 м. изобаты) (для Ямальского и Уральского участков изысканий)	5 000	Рельеф дна (особое внимание удалено отображению вдольбереговых подводных валов)	Линейные знаки, отметки глубин

Т.о., при исследовании динамики берегов Байдарацкой губы Карского моря активно применяются современные геоинформационные технологии. Высокотехнологичное оборудование (электронные тахеометры, GPS, эхолоты, ГЛБО) под управлением современных ГИС пакетов значительно облегчают решение поставленных задач. Для исследований была разработана геоинформационная система, включающая себя базу геоданных, накопленную более чем за 20 лет, каталог электронных карт, блок моделирования и прогноза. Созданная система успешно применяется на протяжении двух лет, в настоящее время идет ее активное совершенствование и наращивание.

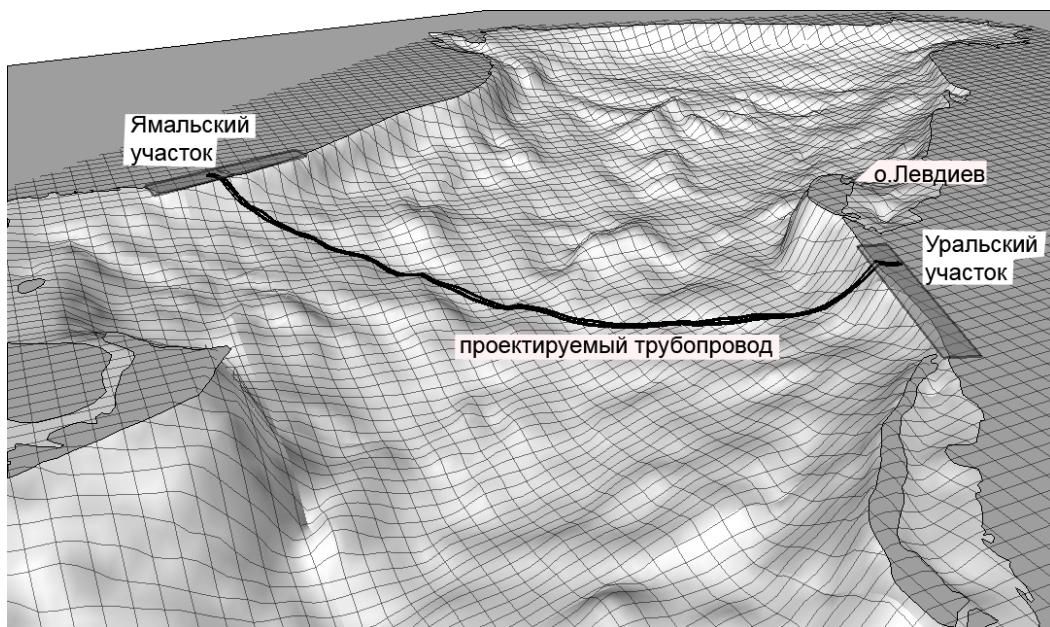


Рис. 1. Визуализация цифровой модели рельефа дна Байдарацкой губы.

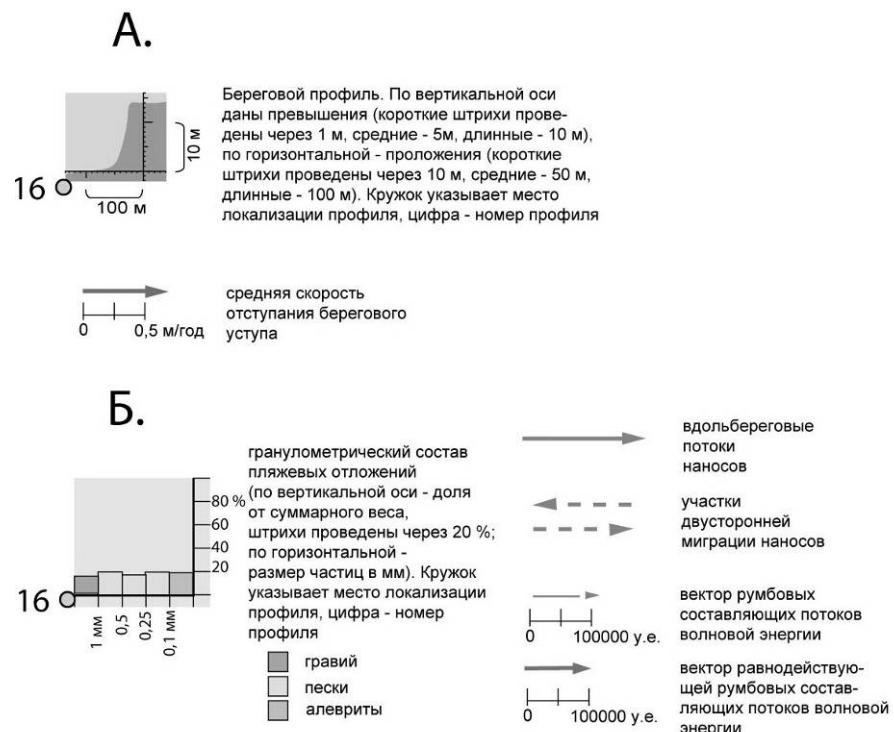


Рис. 2. Система условных обозначений, используемых на картах динамики берегов (А) и литодинамики береговой зоны (Б).

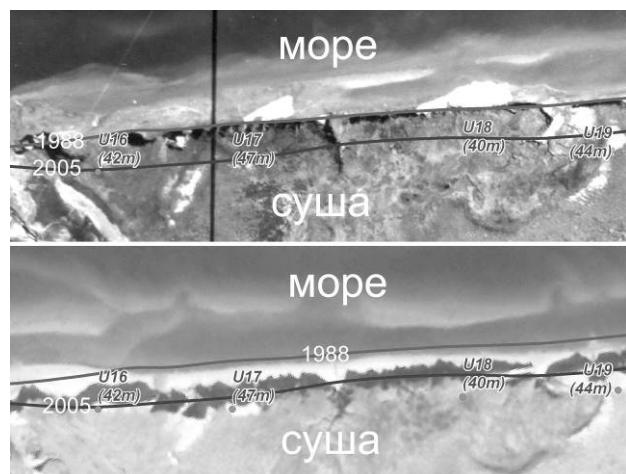


Рис. 3. Карта отступания береговой зоны Уральского участка. Линиями показано положение бровки берегового уступа на 1988 и 2005 гг. Сверху – карта с подложкой аэроснимка 1988 г, снизу – космического снимка 2005 года. Точками показаны контрольные реперы с подписями названий и величиной отступания берега в створе (в скобках).

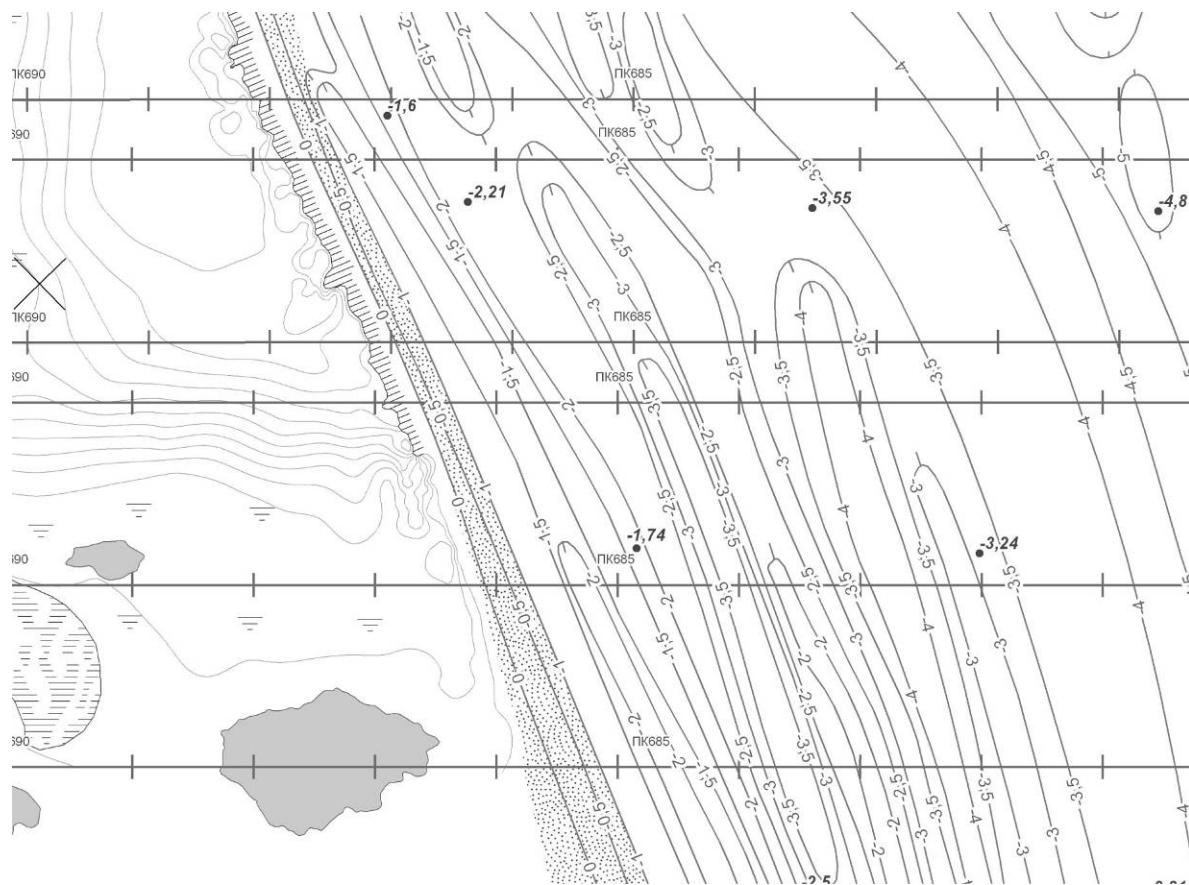


Рис. 4. Фрагмент батиметрической карты. Уральский участок. Масштаб 1:5000.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВТОРНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА НАДЫМ–ПУНГА

Устинова Е.В.

Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень,

Институт криогенных ресурсов ТюмГНГУ – ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень.

STUDYING OF GEOSYSTEM CHANGING ON THE ROUTE OF THE NADYM-PUNGA GAS PIPELINE BY CARTOGRAPHIC METHOD

Ustinova E.V.

Institute of Cryogenic Resources,

Tyumen State Oil and Gas University, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tyumen.

The geosystem mapping is of great value for a scientific substantiation of wildlife management and steady development of territory. The system approach method is used for studying of the close interaction of all the natural environment components and human activity.

Since 1970 the repeated geosystems' mapping of the Nadym-Punga gas pipeline route is carried out. It is accompanied by the stationary supervisions of microrelief, vegetation cover, thickness and moisture of the active layer, soil and ground temperature under the climate changes and anthropogenous disturbances impact.

As the result of the conducted works numerous digital maps of geosystems on the route of the gas pipeline and the adjoining non-disturbed territory of different time cuts were made. The geoecological map with a prognostic estimation of the future geosystems' condition in the investigated area and the recommendations about a complex of nature protection actions which should be carried out in the route of the gas pipeline are compiled. Local GIS is developed on territory of the Nadym site. The digital map of geosystems and attributive base of engineering-geocryological drilling is given.

Diagrams of long-term change of the areas occupied by facies have allowed authors to estimate the changes of the areas of flooding and development of bogging for the observation period.

Dynamic numbers (lines) of geosystems of northern taiga facies and their development ranged in relation to the conducting (leading) factors are characterized. The humidity and temperature regimes are attributed (related) to these ground factors.

Long-term landscape and engineering-geocryological research (1970-2006 carried out in the route of gas pipeline in the north of West Siberia, have allowed authors to trace the changes of the disturbed geological environment as a result of linear construction. Also it has found its reflection in the compiled set of maps and diagrams which have served as the basis for the geoecological map creation and the forecast of the future geosystem conditions change substantiating.

Состояние природных и техногенных геосистем в криолитозоне определяется взаимодействием геологической среды с внешними по отношению к ней сферами земли - атмосферой, гидросферой, биосферой, а также с техническими системами. Для оценки состояния этих взаимодействий создаются системы картографических и информационных моделей. Важным элементом ландшафтных исследований является картографирование, отражающие геологическую историю территории, современный климат, последовательность смен растительного и почвенного покрова в пространстве, хозяйственную деятельность человека. Сама по себе ландшафтная карта не является конечным результатом, но представляет собой основу решения ряда прикладных задач.

Методика исследований предполагает выполнение полевых работ с максимальным соблюдением элементов общепринятых технологий и внесением минимальных методических изменений, необходимых для решения конкретных научно-исследовательских задач. Основное внимание уделяется накоплению информации и разработке на основе ее анализа рациональных научно-обоснованных приемов обобщения данных и более адекватной характеристики и отображения компонентов геологических и геокриологических условий. В процессе исследования техногенного воздействия на природные комплексы под влиянием деятельности человека используется комплекс различных методов, включающий в себя космо- и аэрометоды, картографирование, профилирование и стационарные наблюдения.

Автором преимущественно применялся картографический метод. В 2004–2006 гг. им проводилось повторное картографирование полосы трассы I нитки газопровода Надым–Пунга, а также были использованы и оцифрованы ранее составленные ландшафтные карты. Работы выполнялись в окрестностях Надымского стационара [1]. Стационар расположен в подзоне северной тайги в краевой части III озерно-аллювиальной равнины. Равнина сложена верхнеплейстоценовыми зырянскими отложениями. Отложения представлены песками с прослойями и линзами супесей и суглинков. Местами они перекрыты современными биогенными торфяными отложениями. Многолетнемерзлые породы имеют островное распространение. Острова мерзлых пород, имеющие среднегодовые температуры от 0 до -2°C, приурочены к торфяникам, буграм и грядам пучения. Равнинность и особенности климата территории обусловили ее большую заозеренность и заболоченность.

Ландшафтные, геокриологические, геоботанические наблюдения ведутся с 1970 г. В 1971 г. началось строительство газопровода Надым – Пунга, введенного в эксплуатацию в 1972 г. С 1974 г. проводилась повторная (с интервалом 3 года) ландшафтная съемка полосы трассы газопровода и прилегающей ненарушенной территории. В 2004 г. произведена замена трубы газопровода, отсыпка новой насыпи и в результате расчистки трассы был снят растительный покров, нарушены микрорельеф и верхние горизонты почвенных пород.

В исследованном районе выделены виды ландшафтов, типы местностей, уроцища и фации. Внешними признаками ландшафтов в пределах аккумулятивных равнин являются характер поверхности, ее гипсометрическое положение, характер растительности. В полосе трассы выделяются значительные по площади мелкобугристые участки, с осоково-багульниково-мохово-лишайниковым покровом (урочище 4б [2], фация 100). На исследуемой территории наибольшие площади среди болотных геосистем занимают грядово-мочажинные болота (урочище 3в, фация 50) с андромедово-осоково-сфагновым покровом на грядах и пущево-осоково-гипновым по мочажинам. Меньше распространены участки с развитием торфяных (урочище 4ж, фация 72) и минеральных бугров, с кедрово-лиственничными багульниково-лишайниковыми рединами на торфяно-подзолистых почвах (урочище 5в, фация 23), разделенных мочажинами или озерами (ширина 10–40м). На трассе линейных сооружений нарушенная зона наиболее узкая на дренированных талых участках, ранее покрытых березово-сосновыми кустарничково-лишайниковыми лесами, где ее ширина составляет 50 м. На заболоченных участках, прежде занятых лиственничными травяно-кустарничково-моховыми рединами и на болотах ширина зоны нарушения увеличивается до 150–250, а местами до 370 м. Расширение зоны нарушения связано с влиянием подтопления и развитием заболачивания на прилегающих к трассе и первоначально не нарушенных участках, обусловленного изменением условий стока поверхностных и подземных вод, а также с периодическими новыми нарушениями. В 2005 году в нарушенной зоне произошло подтопление и образование неглубоких озер. Подсчет нарушенных площадей показал, что первоначально нарушенная площадь природного комплекса, за счет развития заозеренности, увеличилась на 22%. В пределах нарушенных площадок преобладают участки, на которых растительный покров был полностью удален, нарушен микрорельеф и снят верхний торфянистый горизонт мощностью до 0.2 м.

Эти участки составляют 30–50% от всей исследованной площади. Меньшие площади занимают участки, нарушенные в результате проезда гусеничного транспорта (20–30%), на которых растительность, почвенный покров и микрорельеф были нарушены только частично. Образование колеи на заболоченных участках даже после разового проезда транспорта приводит к: обнажению верхних почвенных горизонтов – изменению водного и теплового режима почвы – усилиению обводненности и заболачиванию прилегающих территорий – заполнению понижения водой – повышению температуры пород – формированию термокарстовых просадок на участках

развития льдистых многолетнемерзлых пород. Площади, занятые участками, подвергшимися другим видам нарушения (погребение и уничтожение растительного покрова в результате образования навалов снятой растительности), не превышали 15%.

В 2006 г. наблюдали зарастание трассы газопровода травами, местами покрывающими до 60% поверхности. На газопроводе встречается подрост бересклета до 60 см высотой. В дальнейшем на основании изучения динамики растительности в аналогичных давно нарушенных условиях можно ожидать на оторфованных участках смену травяно-мохового покрова травяно-кустарничково-лишайниково-моховым, а впоследствии кустарничково-лишайниковым, близким к исходному [3]. Соответственно будут меняться и геокриологические условия (температура пород и глубина сезонного протаивания).

В результате техногенного нарушения поверхности произошла активизация линейной эрозии, термокарста и на значительных участках возникло подтопление и затопление, являющееся следствием изменения гидрологического режима территории. Развитие экзогенных геологических процессов может способствовать образованию потенциально опасных аварийных участков на трассе трубопровода. Например, образование зон подтопления вдоль газопровода провоцирует такие нарушения, как оседание и расплывание насыпного грунта, подмытие насыпи с частичным разрушением обваловки и сквозной размытие с оголением трубы.

Составленная в результате исследований ландшафтная карта (рисунок) содержит 14 видов фаций. При анализе карты четко просматривается зависимость современного состояния природной среды от интенсивности и длительности процессов хозяйственного освоения и использования природных ресурсов. Группы уроцищ и фаций изображаются на карте способом цветного фона. На картах (1988г., 2004г., 2005г., 2006г.) показаны как ненарушенные геосистемы, так и геосистемы, подвергшиеся нарушениям в результате прокладки газопровода. Нарушенные геосистемы показаны теми же индексами, что и исходные, но несколько видоизмененными: цифрой вверху справа указана степень покрытия поверхности вновь появившейся растительностью, а цифрой внизу справа дан вид техногенного нарушения. Внемасштабными знаками на картах отмечены места расположения постоянных наблюдательных площадок, заложенных как в естественных условиях, так и на нарушенных участках.

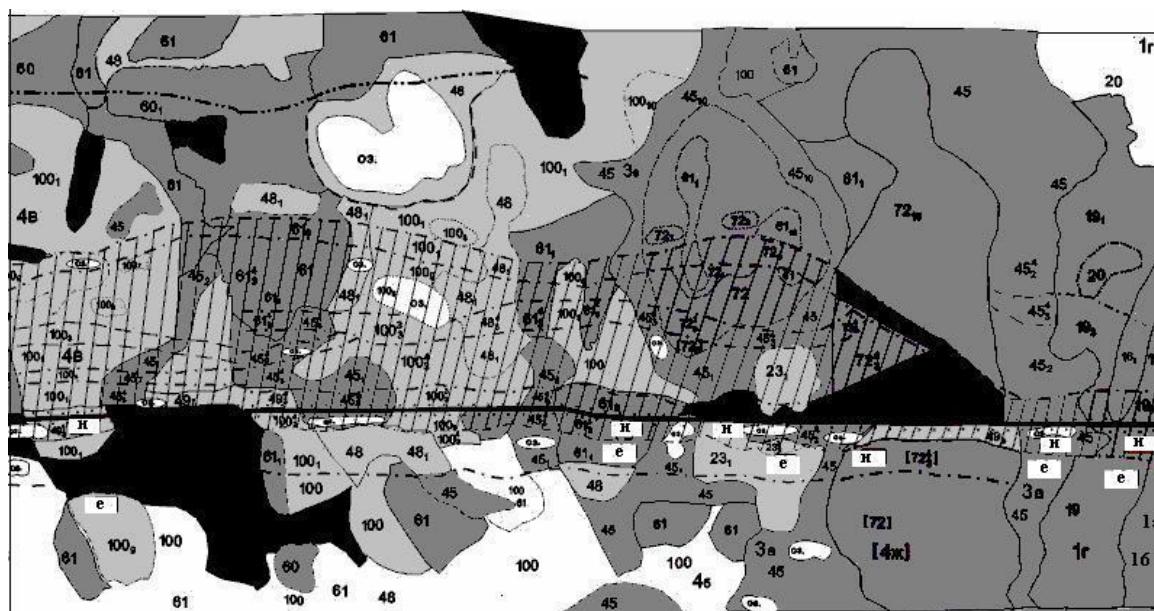


Рис. 1. Ландшафтная карта Надымского стационара (2005 год).

Фации: Лесные (4-березово-сосновые бруснично-зеленомошно-лишайниковые; 16 -березово-сосновые багульниково-зеленомошно-лишайниковые; 19 -лиственичные багульниково-сфагновые; 20-лиственичные багульниково-лишайниково-сфагновые; 23 -бугры пучения багульниково-лишайниковые с единичными кедрами). Болотные (45 -топяные травяно-моховые; 46 -осоково-сфагновые; 48 -осоково-сфагновые с фрагментами торфяника; 49 -кустарничково-осоково-сфагновые; 50 -андромедово-осоково-моховые). Торфяники (60 -плоские морошково-багульниково-сфагновые; 61-плоские морошково-багульниково-сфагновые-лишайниковые; 72 -крупнобугристые морошково-багульниково-лишайниково-моховые; 100 -мелкобугристые ерниково-багульниково-мохово-лишайниковые). **Техногенные нарушения** (цифры внизу индексов): 1-частичное уничтожение растительности в результате разового проезда транспорта; 2- уничтожение большей части растительности, нарушение микрорельефа, верхнего слоя почвы в результате многократного проезда транспорта; 3-снятие растительности, нарушение микрорельефа, удаление торфа мощностью 10-20 см в при расчистке трассы; 4-погребение и уничтожение растительности, нарушение стока в результате образования навалов из снятой растительности; 7- уничтожение растительности и почвы, нарушение рельефа в результате сооружения карьеров; 8-снятие растительности и торфяного слоя мощностью 0,3-1 м; 9-погребение и уничтожение растительности,

нарушение стока и микрорельефа в результате прокладки насыпной дороги; 10-старые гари.

Степень покрытия поверхности вторичной растительностью, %: (*цифры вверху индексов*): 1- $<25\%$, 2- $25\%-50\%$; 3- $50\%-75\%$; 4- $>75\%$. Зона нарушений дана штриховкой, Е-естественные и Н-нарушенные площадки.

Природные комплексы центральной поверхности равнины представляют собой специфические природные преобразования - мерзлотные ландшафты, формирующиеся, развивающиеся и функционирующие под воздействием криогенного фактора. Нарушение условий теплообмена на поверхности, неизбежно возникающее при всех видах внешнего воздействия, приводит к изменениям теплового состояния литогенной основы мерзлотных ландшафтов - развитию криогенных процессов. Мерзлотные ландшафты слабо устойчивы к антропогенным воздействиям. Могут произойти необратимые изменения исходного ландшафта – вплоть до полной деградации, и на его месте формируется новый природный комплекс с иным набором компонентов.

Собранные данные позволили выявить закономерности пространственного варьирования свойств отдельных ландшафтных компонентов и определить существующие межкомпонентные связи в природном комплексе. Включенная в систему геокриологического мониторинга составленная картографическая модель должна для любой точки территории с заданной точностью и надежностью давать информацию о фоновых и текущих природных и техногенных условиях, а также быть основой для прогноза изменений геокриологических параметров геосистем.

Работы выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ №04-05-64005а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. Ред. Москаленко Н.Г.- М.: РАСН, 2006. с. 358.
2. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции. Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Москаленко Н.Г. и др. Новосибирск: Наука, 1983, с.165.
3. Москаленко Н.Г. Антропогенная динамика растительного покрова равнин криолитозоны. Новосибирск: Наука, 1999. с.280.