

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ХАРАМПУРСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

Воронова Ирина Викторовна, аспирант, Институт Криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН, 625026, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Малыгина, 86, e-mail: irina__1991@mail.ru

Гребенюк Галина Никитична, доктор географических наук, профессор, заместитель генерального директора, Тюменский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, 625019, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Республики, 250 «Б», E-mail: pligun48@mail.ru

В статье рассмотрены геологические и геокриологические условия на территории Харампурского нефтегазоконденсатного месторождения. Приведены криологические особенности многолетнемерзлых пород центральной области Пур-Тазовского междуречья в районе Харампурского нефтегазоконденсатного месторождения, полученные в результате лабораторных исследований физических и механических свойств грунтов. Выделены инженерно-геологические элементы и получены нормативные значения характеристик грунтов на основе статистической обработки результатов определений физических и механических характеристик грунтов полигонов Харампурского месторождения (Северная залежь) по ГОСТ 20522–2012. Получены основные параметры механических свойств грунтов, определяющие несущую способность оснований и их деформации – прочностные и деформационные характеристики грунтов (угол внутреннего трения, удельное сцепление c , модуль деформации E и коэффициент поперечной деформации ν грунтов). Актуальность обусловлена тем, что, в настоящее время в разработке находятся северная и южная часть Харампурского месторождения.

Ключевые слова: геокриологические условия, угол внутреннего трения, удельное сцепление, модуль деформации, инженерно-геокриологические исследования, геокриологическая характеристика, теплопроводность, теплоемкость, коэффициент оттаивания, сжимаемость при оттаивании

**ENGINEERING AND GEOCRYOLOGIC CONDITIONS
OF THE HARAMPUR OIL-GAS CONDENSATE FIELD
PUR-TAZOVSKY OF ENTRE RIOS**

Voronova Irina V., post-graduate student, Earth Cryosphere Institute Research Institute in Tyumen, 86 Malygin st., Tyumen, 625026, Russian Federation, e-mail: irina__1991@mail.ru

Grebenyuk Galina N., D.Sc. in Geographical, Professor, Deputy of the General Director, Tyumen Oil and Gas Research and Design Institute, 250 «B» Respublika st., Tyumen, 625026, Russian Federation, e-mail: pligun48@mail.ru

In article geological and geocryologic conditions in the territory of the Harampursky oil-gas condensate field are considered. The cryologic features of permafrost breeds of the central region Pur-Tazovsky of Entre Rios near the Harampursky oil-gas condensate field received as a result of laboratory researches of physical and mechanical properties of soil are given in article. Engineering-geological elements are singled out and normative values of soil characteristics are obtained on the basis of statistical processing of the results of physical and mechanical characteristics of the soils of the Kharampur field (Northern deposit) according to GOST 20522–2012. The key parameters of mechanical properties of soil defining the bearing ability of the bases and their deformations – strength and

deformation characteristics of soil are received (the angle of internal friction, specific coupling c , the module of deformation of E and coefficient of cross deformation v soil). The relevance is caused by the fact that, are in development a northern and southern part of the Harampursky field now.

Keywords: geocryologic conditions, tangle of internal friction, specific coupling, deformation module, engineering and geocryologic researches, geocryologic characteristic, heat conductivity, thermal capacity, thawing coefficient, compressibility when thawing

По словам С.Е. Гречищева, инженерно-геокриологическая информация о местности совместно с типовыми сметными расчетами для различных природных условий позволяет определить стоимость строительства на различных участках и выбрать наиболее оптимальные варианты по стоимости и надежности размещения проектируемых сооружений. Приобретает большое значение предварительное, допроектное инженерно-геокриологическое изучение в средних (региональное) и крупных (изыскания) масштабах [2].

В связи с освоением новых запасов восточных и юго-восточных территорий Пур-Тазовской нефтегазоносной области (в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа), требуются детальные исследования инженерно-геокриологических условий этих территорий и региона в целом.

Геокриологической характеристикой Пур-Тазовской области, начиная с 60-х гг., занимались А.В. Груздов, В.Т. Трофимов, П.И. Кашперюк, Н.А. Филькин, В.В. Баулин, Ю.К. Васильчук [3] и другие. Довольно подробно приведены криологические особенности многолетнемерзлых пород областей Северной зоны континентального региона, в то время как Центральная зона освещена менее детально.

Цель данной работы – конкретизировать криологические особенности многолетнемерзлых пород центральной области Пур-Тазовского междуречья в районе Харампурского нефтегазоконденсатного месторождения на территории полигонов № 1 и № 2, полученных в результате лабораторных исследований физических и механических свойств грунтов.

Для выполнения поставленной цели была поставлена следующая задача: выполнить статистическую обработку результатов определений физических и механических (прочностных и деформационных) характеристик грунтов полигонов № 1 и № 2 Харампурского месторождения (Северная залежь) по ГОСТ 20522–2012 [5] с целью выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ) и получения нормативных значений характеристик грунтов.

Общая характеристика объекта исследования. Местоположение объекта: Тюменская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноселькупский район, площадки на территории Харампурского месторождения.

Харампурское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в 660 км к востоку от г. Салехард Ямало-Ненецкого автономного округа Российской Федерации и приурочено к группе Харампурских локальных поднятий Пур-Тазовской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [7].

Объект исследований находится в северной части Западно-Сибирской равнины [1]. По схеме физико-географического районирования Тюменской области район расположен на территории Пур-Тазовской провинции лесной равнинной широтно-зональной области. Территория провинции располагается в пределах

слаборасчлененных заболоченных равнин низовьев Надыма, Пура и Таза [4]. Местоположение исследуемых территорий представлено на рисунке 1.

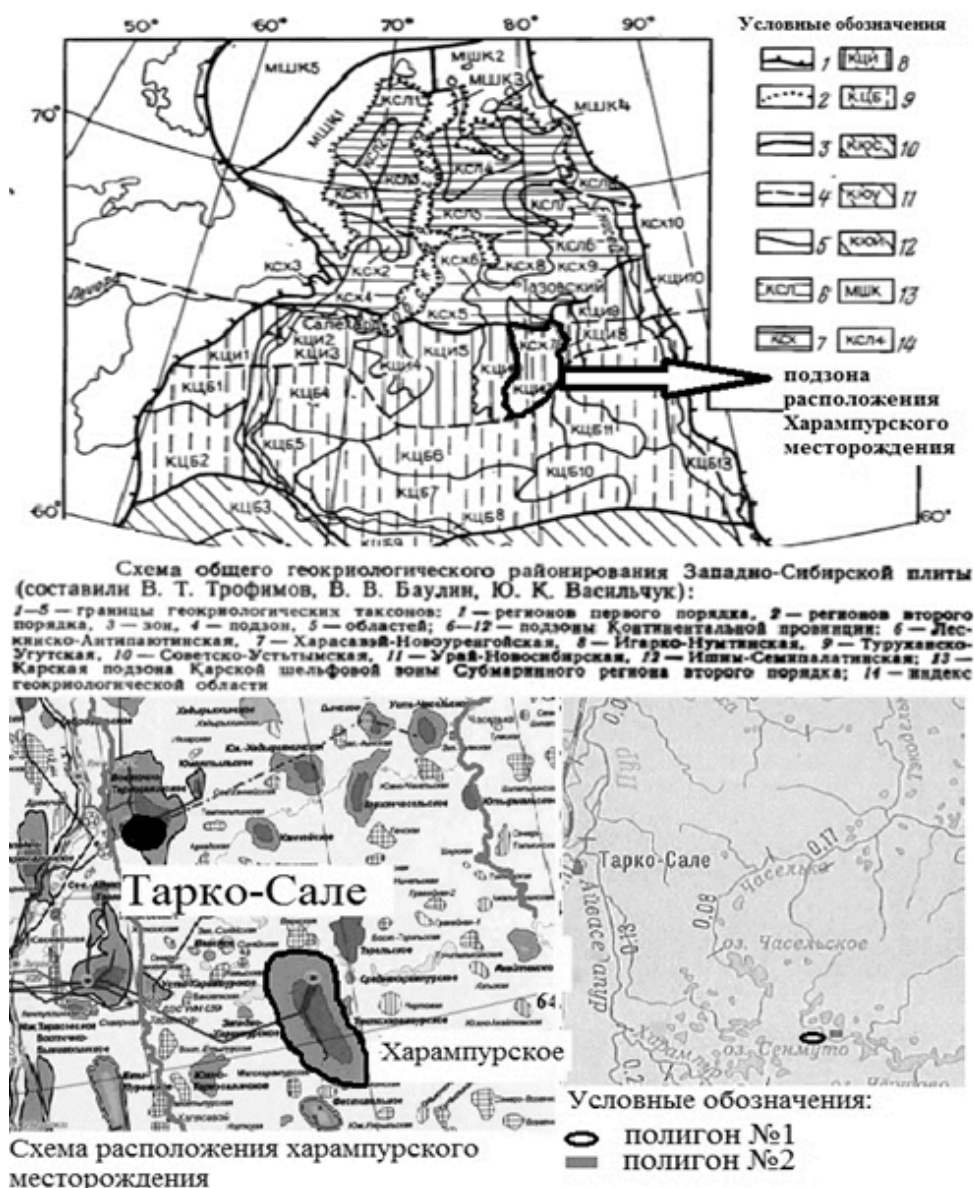


Рис. 1. Схема расположения Харампурского месторождения с полигонами № 1 и № 2; схема общего геокриологического районирования Западно-Сибирской плиты (составители: В.Т Трофимов, В.В. Баулин, Ю.К. Васильчук)

Климат области континентальный с довольно низкими температурами в холодный период продолжительностью 8–9 мес. Общее количество осадков несколько изменяется с севера на юг области: минимальное выпадает в северных районах – 460 мм (г. Уренгой), а максимальное в южных – 543 мм (пос. Толька). Основное количество осадков выпадает в теплый период года (в июне – августе). Устойчивый снежный покров появляется в конце сентября – начале

октября. Мощность снежного покрова изменяется от 50 см на севере области до 60 см и более – на юге. Плотность снежного покрова 0,2–0,3 г/см³ [3].

А.В. Груздов, В.Т. Трофимов описывают рельеф следующим образом: «Рельеф области в целом плоский, слаборасчлененный и слабо дренированный. Абсолютные отметки – 50–70 м, реже выше. Одна из наиболее характерных черт области – сильная заозеренность и заболоченность. Здесь очень широко развиты значительные по площади плоско и выпукло-бугристые торфяники с мощностью торфяной залежи более 2 м» [3].

В геологическом строении рассматриваемой территории принимает участие комплекс четвертичных отложений, сложенный озерно-аллювиальными (Ia3III) отложениями третьей надпойменной террасы верхнего неоплейстоценового возраста, представленные песками, супесями, современными биогенными (bQIV) отложениями [1].

Геологический разрез полигона № 1 по всей вскрытой глубине сложен следующими грунтами (рис. 2):

- слаборазложившимися торфами, мощностью слоя 0,4 м;
- суглинками полутвердыми и твердыми мощностью 7,0–8,3 м;
- супесями пластичными мощностью 3,5–4 м;
- песками средней крупности, мощностью 0,3–7,2 м, слагающими преимущественно нижнюю часть разреза.

Геологический разрез полигона № 2 можно описать следующим образом: на поверхности залегает слой талого сильноразложившегося торфа, иногда сменяющийся мерзлым сильноразложившимся торфом. Подстилают его суглинок полутвердый и супесь слаболистая (рис. 3).

По схеме общего геокриологического районирования Западно-Сибирской плиты исследуемая территория относится к центральной зоне континентального региона Игарко-Нумтинской подзоне Пур-Тазовской области (рис. 1) [6].

На исследуемой территории массивно-островное и островное распространение многолетнемерзлых пород. Район расположения полигона № 1 по литологическому составу преимущественно песчаный. Средняя годовая температура пород выше 0 °С. Район расположения полигона № 2 по литологическому составу преимущественно представлен торфом. Средняя годовая температура пород –1...0 °С. На территории полигона № 2 обнаружен участок островной мерзлоты. Термокарст, многолетнее пучение, повторно-жильные льды, термоэрозия и другие физико-геологические процессы и образования не распространены на исследуемых участках [1].

Криологические особенности Пур-Тазовской области А.В. Груздов, В.Т. Трофимов, П.И. Кашперюк, Н.А. Филькин [3] описывают следующим образом: «В пределах области развиты в основном эпигенетически промерзшие породы. Такой способ промерзания суглинисто-глинистых пород в условиях значительной обводненности предопределил их высокую льдонасыщенность в самой верхней трех-пятиметровой части разреза, сравнительно высокую льдистость песчаных пород, влажность которых часто равна или выше полной влагоемкости. Больше всего содержат льда торфяные породы голоцена (до 70–80 %)» (рис. 4).

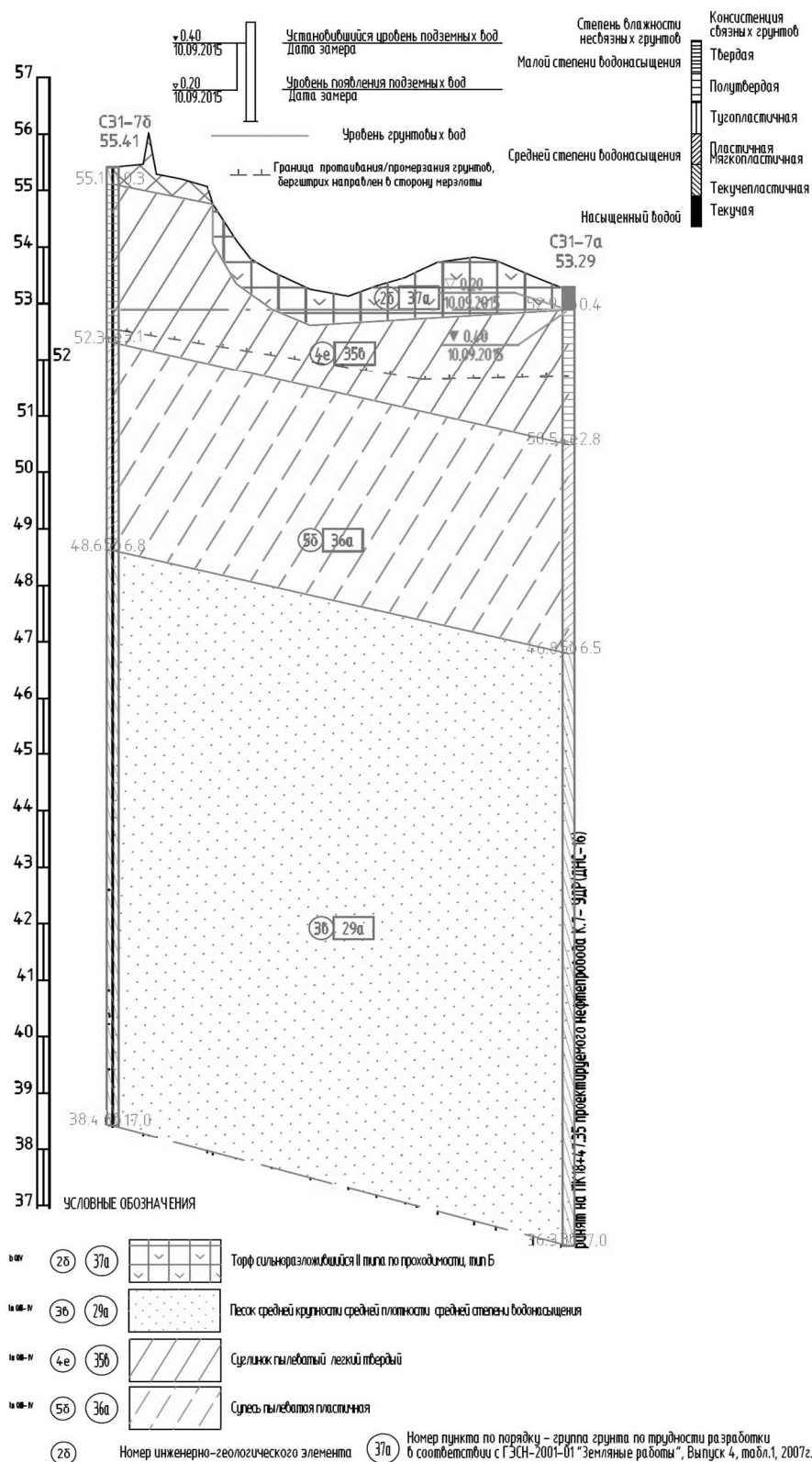


Рис. 2. Геологический разрез полигона № 1

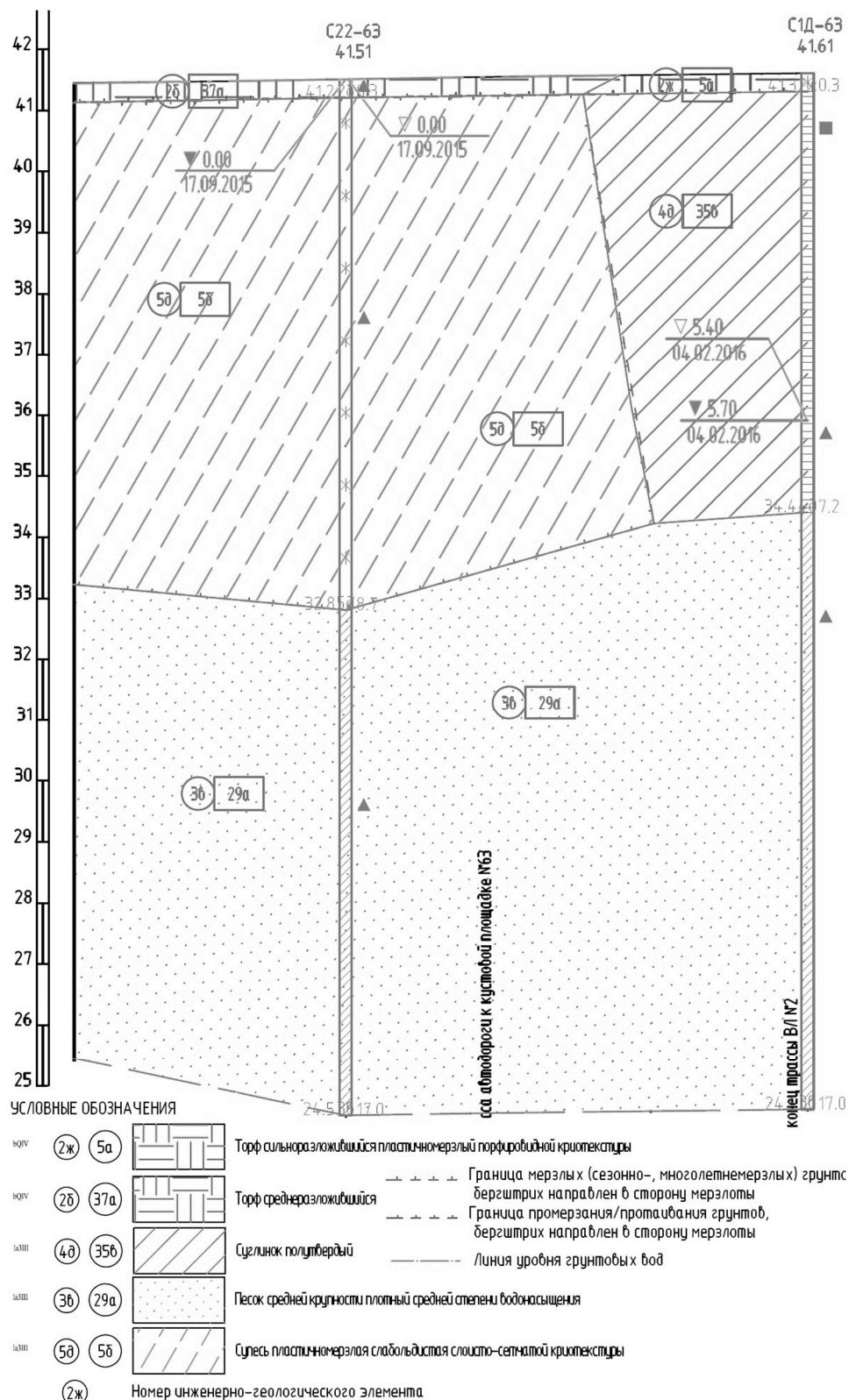


Рис. 3. Геологический разрез полигона № 2

Генезис и возраст пород	Состав пород	Объемная льдистость, %		Криогенная текстура
		Суммарная	Шлировая	
m, gmQ _{II} ²⁻⁴	Суглинки	25—40 35	10—15	Слонстая
	Суглинки и супеси под слоем торфа	45—55 50	20—25	Сетчатая, слон- сто-сетчатая
laQ ^I _{III}	То же	30—40 35	10—15	Слонстая
	Пески с прослоями су- песей под слоем торфа	30—40 35	—	Массивная
	Пески с прослоями су- глинков под слоем тор- фа	35—50 40	До 5	Массивная, ред- кослонстая

Рис. 4. Характеристика многолетнемерзлых пород Пур-Тазовской области, составленная А.В. Груздовым, В.Т. Трофимовым, П.И. Кашперюк, Н.А. Филькиным [3]

Авторы считают, что для проведения каких-либо стоимостных расчетов строительства на исследуемой территории, приведенной выше характеристики многолетнемерзлых пород не достаточно и следует более подробно рассмотреть значения физических и механических (прочностных и деформационных) характеристик грунтов.

Основными параметрами механических свойств грунтов, определяющими несущую способность оснований и их деформации, являются прочностные и деформационные характеристики грунтов (угол внутреннего трения ϕ , удельное сцепление c , предел прочности на одноосное сжатие скальных грунтов R_c , модуль деформации E и коэффициент поперечной деформации ν грунтов). Расчеты несущей способности оснований влияют на стоимость проектируемых сооружений, поэтому сведения об основных механических свойствах грунтов той или иной территории могут значительно ускорить процесс расчетов на стадии технико-экономического обоснования целесообразности проекта.

Статистическая обработка грунтов. Лабораторные исследования грунтов полигонов № 1 и № 2 исследуемой территории проводились в 2015 г. с целью определения их состава, состояния, физических и механических свойств для выделения классов, групп, подгрупп, типов, видов и разновидностей, в соответствии с ГОСТ 25100–2011, определения их нормативных и расчетных характеристик, выявления степени однородности (выдержанности) состава.

На основании лабораторных данных, с учетом классификационных признаков номенклатурных видов грунтов, проведена статистическая обработка грунтов по ГОСТ 20522–2012. В результате данной обработки на исследуемой территории полигона № 1 выделено пять инженерно-геологических элементов. На полигоне № 2 – семь инженерно-геологических элементов. Данные представлены в таблице 1.

Таким образом, проведенный анализ ИГЭ, позволил сделать вывод о том, что полигоны схожи по геологическому строению. На полигоне № 2 вскрыты, помимо талых дисперсных грунтов, мерзлые грунты.

Полученные значения показателей свойств грунтов на основе статистического расчета по четырем идентичным ИГЭ отображены в таблице 2.

Таблица 1

Сравнительная таблица выделенных инженерно-геологических элементов (ИГЭ) полигона № 1 и полигона № 2 на основе статистической обработки

Талые грунты			
Наименование ИГЭ		Описание выделенных ИГЭ	
ИГЭ-2в		Торф сильноразложившийся от маловлажного до средней влажности	
ИГЭ-3в		Песок средней крупности средней степени водонасыщения	
ИГЭ-4д		Суглинок полутвердый	
ИГЭ-4е		Суглинок пылеватый твердый	
Различные ИГЭ			
Полигон № 1		Полигон № 2	
Наименование ИГЭ и его описание			
ИГЭ-5б	Супесь пылеватая пластичная	ИГЭ-2б	Торф среднеразложившийся маловлажный нормальнозольный
Мерзлые грунты			
На площадке № 1 Мерзлые грунты не встречены	ИГЭ-2ж	Торф мерзлый сильноразложившийся порфировидной криотекстуры	
	ИГЭ-5д	Супесь пластичномерзлая слабобльдистая незасоленная слоисто-сетчатой криотекстуры, в талом состоянии пластичная	

Таблица 2

Таблица расчетных значений, полученных в ходе статистической обработки показателей свойств грунтов по ГОСТ-20522

Показатели свойств грунтов	Полигон № 1	Полигон № 2
ИГЭ-2в Торф сильноразложившийся от маловлажного до средней влажности нормальнозольный		
Показатель	Значение	
Влажность природная, W, д. ед	5,15	4,10
Плотность грунта, ρ , г/см ³	0,89	1,03
Степень разложения, %	61,90	52,40
Относительное содержание органического вещества, Ig, д. ед.	0,89	0,86
Степень морозной пучинистости, Efh %	11,90	10,67
ИГЭ-3в Песок средней крупности средней плотности средней степени водонасыщения		
Влажность природная, W, д. ед	0,14	0,15
Плотность грунта, ρ , г/см ³	1,94	2,00
Степень морозной пучинистости, Efh%	2,69	2,48
ИГЭ-4д Суглинок полутвердый		
Влажность природная, W, д. ед	0,23	0,25
Плотность грунта, ρ , г/см ³	1,85	1,83
Модуль деформации грунта E, МПа	9,78	9,44
Угол внутреннего трения, град	22,24	20,27
Сцепление C, МПа	22,20	20,12
Угол внутреннего трения, град при $\alpha = 0.85$	21,95	19,46
Угол внутреннего трения, град при $\alpha = 0.95$	21,75	18,88
Удельное сцепление, МПа при $\alpha = 0.85$	21,46	18,92
Удельное сцепление, МПа при $\alpha = 0.95$	20,96	18,06
Степень морозной пучинистости, Efh %	5,63	5,36
ИГЭ-4е Суглинок пылеватый тяжелый твердый		
Влажность природная, W, д. ед	0,22	0,23
Плотность грунта, ρ , г/см ³	1,85	1,82
Модуль деформации грунта E, МПа	10,37	10,72
Угол внутреннего трения, град	22,75	22,16
Сцепление, кПа	22,79	22,27
Угол внутреннего трения, град при $\alpha = 0.85$	22,59	22,06
Угол внутреннего трения, град при $\alpha = 0.95$	22,48	21,99
Сцепление, кПа при $\alpha = 0.85$	21,90	22,08
Сцепление, кПа при $\alpha = 0.95$	21,25	21,94
Степень морозной пучинистости, Efh %	5,92	6,10

При сравнении данных таблицы 2 установлено, что показатели, полученные в результате статистической обработки, близки по значениям и, соответственно, инженерно-геокриологические характеристики грунтов различных полигонов имеют сходные свойства.

Для мерзлых грунтов важным является расчет теплообмена в грунте. При этом необходимо знать такие характеристики грунта, как: объемная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, влажность и плотность скелета грунта. Полученные расчетные значения для мерзлых грунтов полигона № 2 представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Таблица расчетных значений ИГЭ – торф мерзлый сильноразложившийся порфирированной криотекстуры полигона № 2

Показатель		Значение
Влажность суммарная, W_{tot} , д. ед.		4,22
Плотность мерзлого грунта, ρ , г/см ³		0,90
Плотность частиц грунта, ρ_s , г/см ³		1,45
Льдистость суммарная, i_{tot} , д. ед.		0,58
Степень разложения торфа, D_{dp} , д. ед.		82,50
Теплопроводность грунта, ккал/(м*ч* °С)	талого грунта, λ_{th}	0,70
	мерзлого грунта, λ_f	1,15
Объемная теплоёмкость грунта, ккал/(м ³ * °С)	талого грунта, C_{th}	900
	мерзлого грунта, C_f	570
Коэффициент оттаивания, д. ед.		0,52
Коэффициент сжимаемости при оттаивании, m , МПа-1		0,54

Таблица 4

Таблица расчетных значений ИГЭ - супесь пластичномерзлая слабольдистая полигона № 2

Показатель		Значение
Влажность суммарная, W_{tot} , д. ед.		0,28
Плотность мерзлого грунта, ρ , г/см ³		1,75
Плотность сухого грунта, ρ_d , г/см ³		1,37
Льдистость суммарная, i_{tot} , д. ед.		0,27
Теплопроводность грунта, ккал/(м*ч* °С)	талого грунта, λ_{th}	1,50
	мерзлого грунта, λ_f	1,55
Объемная теплоёмкость грунта, ккал/(м ³ * °С)	талого грунта, C_{th}	720
	мерзлого грунта, C_f	520
Условно-мгновенная прочность смерзания со сталью, R_{af} , МПа		0,35
Условно-мгновенная прочность смерзания с бетоном, R_{af} , МПа		0,69
Коэффициент оттаивания, д. ед.		0,13
Коэффициент сжимаемости при оттаивании, m , МПа-1		0,15
Компр. модуль деформации при оттаивании грунта E_{th} , МПа		5,89
Модуль деформации мерзлого грунта E_f , МПа		13,47
Относительная осадка при оттаивании, m		0,0022

Выводы: в результате выполненной статистической обработки результатов лабораторных испытаний грунтов полигонов № 1 и № 2, находящихся на территории Харампурского месторождения (Северная залежь), по ГОСТ 20522–2012 получены нормативные характеристики для глинистых талых грунтов: модуль деформации, угол внутреннего трения, сцепление. Для супеси пластичномерзлой слабольдистой рассчитаны показатели теплопроводности, теплоемкости, коэффициенты оттаивания и сжимаемости при оттаивании. Для каждого инженерно-

геологического элемента рассчитаны показатели физических свойств грунтов: природная или суммарная влажности и плотность грунта.

Проведенный анализ физико-механических свойств грунтов и ИГЭ позволил сделать вывод о том, что исследуемые площадки полигонов схожи по геологическому строению, но различны по геокриологическим условиям, несмотря на расположение в пределах одного месторождения. Мерзлые грунты встречаются только на полигоне № 2: торф мерзлый сильноразложившийся и супесь пластично-мерзлая слабоблестящая.

При проектировании кустовых площадок, автомобильных дорог, стоянок автомобильного транспорта, полигонов твердых бытовых отходов и других объектов нефтегазодобычи на территориях, где встречаются грунты в мерзлом и талом состояниях, необходимо предусматривать обустройство сетей геокриологического мониторинга за наблюдением температур грунтов основания.

Список литературы

1. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. – Омск : Омская картографическая фабрика, 2004. – 303 с.
2. Гречищев С. Е. Оценка экономической эффективности инженерно-геокриологического изучения и прогноза / С. Е. Гречищев // Геокриология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э. Д. Ершова. – Москва : Недра, 1989. – С. 445–447.
3. Груздов А. В. Пур-Тазовская область / А. В. Груздов и др. // Геокриология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э. Д. Ершова. – Москва: Недра, 1989. – С. 454.
4. Физико-географическое районирование Тюменской области / под ред. Н. А. Гвоздецкого. – Москва : Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 1973. – 246 с.
5. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – Введен 2013–07–01 – Москва : Стандартиформ, 2013. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200096130>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
6. Трофимов В. Т. Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты / В. Т. Трофимов, В. В. Баулин, Ю. К. Васильчук // Геокриология СССР. Западная Сибирь. – Москва : Недра. – С. 159–162.
7. Харампурское месторождение. – Режим доступа: http://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/jamalo_nenetskiy_ao/kharampurskoe/7-1-0-604, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

References

1. *Atlas Yamalo-Nenetskiy avtonomnogo okruga* [Atlas of the Yamal-Nenets Autonomous District], Omsk, Omskaya kartograficheskaya fabrika Publ., 2004. 303 p.
2. Grechishchev S. Ye. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti inzhenerno-geokriologicheskogo izucheniya i prognoza [Estimation of economic efficiency of engineering-geocryological study and forecast]. *Geokriologiya SSSR. Zapadnaya Sibir* [Geocryology of the USSR. Western Siberia], Moscow, Nedra Publ., 1989, pp. 445–447.
3. Gruzдов A. V., et al. Pur-Tazovskaya oblast [Pur-Taz region]. *Geokriologiya SSSR. Zapadnaya Sibir* [Geocryology of the USSR. Western Siberia], Moscow, Nedra Publ., 1989, pp. 454.
4. Gvozdet'skiy N. A. (ed.) *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Tyumenskoy oblasti* [Physical and geographical zoning of the Tyumen region], Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ. House, 1973. 246 p.
5. GOST 20522-2012. Grunty. Soils. Methods of statistical processing of test results. Entered 2013–07–01. Moscow: Standartinform, 2013. Available at : <http://docs.cntd.ru/document/1200096130>.
6. Trofimov V. T., Baulin V. V., Vasilchuk Yu. K. Geokriologicheskoe rayonirovanie Zapadno-Sibirskoy plity [Geocryological zoning of the West Siberian plate]. *Geokriologiya SSSR. Zapadnaya Sibir* [Geocryology of the USSR. Western Siberia], Moscow, Nedra Publ., 1989, pp. 159–162.
7. *Kharampurskoe mestorozhdenie* [Kharampur field]. Available at: http://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/jamalo_nenetskiy_ao/kharampurskoe/7-1-0-604.