

УДК 551.583.16:551.343

**С.К. Мустафин, А.В. Милушкина, К.С. Милушкин**  
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

## ПРИРОДА, СОСТАВ И СВОЙСТВА МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ ПОРОД ТЕРРИТОРИИ ОСВОЕНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛУОСТРОВА ГЫДАН)

Обсуждаются результаты изучения природы, состава и свойств четвертичных отложений криолитозоны Гыдана, которые послужат надёжным основанием для сооружения и последующей надёжной безопасной эксплуатации ответственных инженерных сооружений в сложной и неоднородной геологической среде криолитозоны Арктики. Материалы комплексного инженерно-геологического исследования грунтов составят основу базы данных регионального мониторинга естественного состояния и динамики техногенной трансформации геологической среды криолитозоны для прогнозирования, оценки и снижения рисков в целях устойчивого развития территории.

*Ключевые слова:* Гыдан, криолитозона, многолетнемёрзлые породы, инженерно-геологические элементы, прогнозирование геологических рисков.

**DOI: 10.17072/chirvinsky.2025.111**

Стратегию развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. определяет основные направления, задачи и меры по развитию Арктической зоны, а также механизмы, этапы и ожидаемые результаты их реализации в сферах экономического, социального развития, формирования транспортной, энергетической и инженерной инфраструктуры [1].

В формировании четвертичных отложений территории полуострова Гыдан определяющее значение имели геологические события, плейстоцена голоцена. Трансгрессии, и регрессии Арктического бассейна образовали комплекс позднеплейстоцен-голоценовых террас морского и лагунно-морского генезиса.

Четвертичные образования Гыдана слагают комплекс грунтов мощностью в сотни метров – от галечников до глин, с преобладанием в разрезе суглинков, супесей, мелких и пылеватых песков. Глинистые грунты типичны для толщ морского генезиса, прибрежно-морские, лагунно-морские и аллювиальные образования в целом характеризуются более песчаным составом.

Выделен ряд геолого-генетических комплексов отложений:

а) Морские верхнеплейстоценовые отложения казанцевской водораздельной равнины (IV морской террасы, mQIII1);

б) Лагунно-морские верхнеплейстоценовые отложения III морской террасы (ImQIII2-3); Аллювиальные верхнеплейстоцен-голоценовые отложения первых надпойменных террас (aIII-IV);

в) Аллювиально-делювиальные верхнеплейстоцен-голоценовые отложения долин малых водотоков (adIII-IV);

г) Лагунно-морские голоценовые отложения морской лавды (ImIV);

д) Аллювиально-морские голоценовые отложения поймы низовий рек (amQIV);

е) Аллювиальные голоценовые отложения речных пойм (aIV);

ж) Озерно-болотные верхнеплейстоцен-голоценовые отложения на поверхности морской равнины, лагунно-морской террасы и I надпойменной террасы (IbIII-IV);

з) Озерно-болотные голоценовые отложения на поверхности лавды и пойм (IbIV).

1) Комплекс верхнеплейстоценовых морских отложений казанцевской свиты (mQIII) слагает одноименную морскую равнину (IV морскую террасу) и имеет наиболее широкое распространение. Мощность казанцевских отложений от 15-20 до 40-50 м.

2) Комплекс верхнеплейстоценовых лагунно-морских отложений (ImIII2-3) III морской террасы распространен в центральной, восточной и юго-восточной частях месторождения вдоль крупных речных долин. Общая мощность отложений комплекса не превышает 15-20 м.

3) Комплекс верхнеплейстоцен-голоценовых аллювиальных отложений (aIII-IV) I надпойменной террасы встречается фрагментарно. Общая мощность комплекса составляет 3 - 5 м.

4) Комплекс верхнеплейстоцен-голоценовых аллювиально-делювиальных отложений (adIII-IV) широко развит на водораздельных поверхностях в пределах всей изыскиваемой территории и приурочен к долинам малых рек и ручьев, включая днища долин и их склоны. Общая мощность отложений комплекса составляет 2-10 м.

5) Комплекс голоценовых лагунно-морских отложений лавды (ImIV) распространен локально, протягиваясь узкой полосой шириной 200-250 м вдоль центральной части побережья Обской губы на междуречьях приустьевых участков долин рек. Представлен двумя типами разрезов: а) песками и супесями с прослоями суглинков; б) переслаиванием супесей, песков, суглинков (с глубины 8 м подстилаются суглинками). Общая мощность отложений лавды 3-5 м.

6) Комплекс голоценовых аллювиально-морских отложений (amIV) приурочен к поймам низовий рек. В разрезах доминируют пески

мелкие и пылеватые; содержатся включения растительных остатков. Общая мощность отложений комплекса не превышает 3-10 м.

7) Комплекс голоценовых аллювиальных отложений (aIV) слагает поймы и русла в долинах крупных рек описываемой территории. Общая мощность пойменных отложений составляет 3-15 м.

8) Комплексы верхнеплейстоцен-голоценовых и голоценовых озерно-болотных отложений (IbIII-IV, IbIV) распространены широко на III лагунно-морской террасе, поймах рек и крупных фрагментах I надпойменной террасы, менее широко - на казанцевской морской равнине и лаиде. Общая мощность комплекса не более 3 м.

На исследованной территории доминируют три типа разрезов:

- 1) преимущественно песчаного состава;
- 2) переслаивания песков, супесей, суглинков,
- 3) преимущественно суглинистого состава.

Эти грунтовые толщи выступают в качестве оснований для всех видов инженерных сооружений. Слагающие эти толщи осадки пережили лишь первые стадии литогенеза и в мерзлом состоянии, в большинстве случаев обладают невысокой несущей способностью и являются повышенно сжимаемыми [2].

Первичные свойства грунтов в процессе практически повсеместного глубокого промерзания претерпели коренные изменения и в настоящее время свойства грунтов определяются совокупностью геокриологических факторов: температурой грунтов, типом, режимом (сезонным, многолетним) промерзания, величиной льдистости, криогенным строением, засоленностью.

Исследуемые грунты предварительно разделены на инженерно-геологические элементы (далее – ИГЭ) с учетом их происхождения, тектурно-структурных особенностей и литотипов.

Выделенные ИГЭ приведены в таблице 1. Наименование грунта выделенных ИГЭ дано в соответствии с нормативными значениями характеристик.

Развитие криолитозоны обусловлено низкими температурами воздуха и факторами геолого-географической обстановки – рельефом местности, снежным покровом, степенью дренированной поверхности.

Характерно сплошное распространение мерзлоты сливающегося типа. Мощность ММП изменяется от нескольких десятков до 150-200 м.

Категория сложности инженерно-геокриологических условий оценивается как –III (сложная).

Криогенное строение грунтов в основном определяется их литологическим составом и влажностью. Пескам свойственна массивная

криотекстура; отмечаются микрошлиры льда толщиной до 1 мм. По льдистости разделяются от слабольдистых до льдистых. Суммарная льдистость изменяется от 0,34 до 0,44 д.е.

Торфы атакситовой и слоисто-сетчатой криотекстуры, сильнольдистые. Наиболее льдиста центральная часть залежи торфа.

Криогенное строение глинистых грунтов отличается большим разнообразием: шлыры льда располагаются горизонтально, косо, вертикально, в виде сетки. Различаются глинистые грунты от нельдистых до льдистых. Льдистость за счет ледяных включений изменяется от 0,02 до 0,22 д.е. Пластовые льды залегают на контактах между различными грунтами.

В верхней части разреза наличие пластовых льдов обусловлено процессами промерзания и протаивания, а также наличием участков стоячей воды, либо временных водотоков.

В средней части разреза ниже глубины протаивания, талые участки предположительно имеют реликтовое происхождение. Наличие участков талых грунтов необходимо учитывать при проектировании фундаментов зданий и сооружений.

Нормативное значение среднегодовой температуры многолетнемерзлых грунтов (ММГ) ( $T_{0,n}$ ) допускается принимать равным температуре ММГ на глубине 10,0 м от поверхности. По данным термокаротажа среднегодовые температуры грунтов на глубине 10,0 м от поверхности изменяются от минус 0,4 до минус 4,4 °С.

По данным термокаротажа нормативное значение среднегодовой температуры многолетнемерзлых грунтов  $T_{0,n}$  на глубине нулевых годовых колебаний температур 10,0 м составляет минус 2,8 °С .

Диапазон изменения мощности сезоннопротаивающего слоя от изменения увлажнения пород на участках, лишенных растительного покрова и при наличии дернового слоя, может достигать 20%, а на участках с моховым покровом - до 60%.

Чем больше влажность пород, тем меньше глубина оттаивания. Влияние древесной и кустарниковой растительности сказывается лишь косвенно, через снегонакопление и условия затененности.

На глубину оттаивания определенное влияние оказывает снежный покров, так на участках с максимальным снегонакоплением мощность талого слоя может увеличиться до 50%.

На период изучения объект находился в мерзлом состоянии, что не позволило установить фактическую глубину промерзания и оттаивания грунтов. Нормативная глубина слоя сезонного промерзания и оттаивания для каждого ИГЭ приведена в таблице 2.

Таблица 1

## Инженерно-геологические элементы (ИГЭ) толщии многолетнемерзлых пород объекта на Гыдане

Номер ИГЭ состав	Глубина залегания кровли, м мин/макс	Глубина залегания подошвы, м мин/макс	Вскрытая мощность, м мин/макс
ИГЭ-1. Лед	1,00/14,20	2,80/15,30	5,50/0,20
ИГЭ-2. Суллинок мягкопластичный незасоленный т, амQIII	0,10/9,60	0,30/10,00	3,70/0,10
ИГЭ-3. Торф атаксиповый, мерзлый, очень сильнотистый, среднеразложившийся, в талом состоянии средней влажности, BQIV	0,00/4,00	0,30/5,50	3,00/0,30
ИГЭ-4. Песок мелкий средней плотности, водонасыщенный незасоленный, т, амQIII	0,00/15,70	0,50/17,00	15,30/0,20
ИГЭ-5. Глина слоисто-сетчатой криотекстуры мерзлая слабодысткая незасоленная в талом состоянии тугопластичная, т, амQIII	0,10/15,20	6,80/17,00	6,70/1,80
ИГЭ-6. Суллинок слоисто-сетчатой криотекстуры, мерзлый, нельдистый, незасоленный, в талом состоянии тугопластичный т, амQIII	0,10/17,00	1,40/21,00	12,20/0,60
ИГЭ-7. Суллинок слоисто-сетчатой криотекстуры, мерзлый, слабодысткий, незасоленный, в талом состоянии текучепластичный т, амQIII	0,10/16,70	0,60/25,00	16,90/0,30
ИГЭ-8. Суллинок слоисто-сетчатой криотекстуры, мерзлый, льдистый, незасоленный, в талом состоянии текучий т, амQIII	0,10/16,30	0,90/19,00	16,90/0,50
ИГЭ-9. Супесь слоисто-сетчатой криотекстуры, мерзлая, нельдистая, незасоленная, при оттаивании пластичная т, амQIII	0,10/15,00	1,50/17,00	12,10/1,00
ИГЭ-10. Супесь слоисто-сетчатой криотекстуры, мерзлая, слабодысткая, незасоленная, при оттаивании пластичная т, амQIII	0,10/16,40	0,30/25,00	20,60/0,20
ИГЭ-11. Супесь слоисто-сетчатой криотекстуры, мерзлая, льдистая, с примесью орг. вещества, незасоленная, в талом состоянии текучая т, амQIII	0,00/15,00	0,50/17,00	11,00/0,40
ИГЭ-12. Супесь слоисто-сетчатой криотекстуры, мерзлая, сильнольдистая, с примесью органического вещества, незасоленная, в талом состоянии текучая т, амQIII	0,10/9,00	1,20/12,70	11,50/0,30
ИГЭ-13. Песок средней крупности массивной криотекстуры, мерзлый, слабодысткий, слабозасоленный т, амQIII	0,00/15,60	1,00/17,00	13,10/0,70
ИГЭ-14. Песок мелкий массивной криотекстуры, мерзлый, слабодысткий, слабозасоленный, при оттаивании плотный, водонасыщенный т, амQIII	0,00/17,70	0,30/22,00	17,00/0,20
ИГЭ-15. Песок мелкий массивной криотекстуры, мерзлый, льдистый, слабозасоленный, при оттаивании рыхлый, водонасыщенный т, амQIII	0,00/15,10	0,70/17,00	15,00/0,60
ИГЭ-16. Песок пылеватый массивной криотекстуры, мерзлый, слабодысткий, слабозасоленный, при оттаивании плотный, водонасыщенный т, амQIII	0,10/16,10	1,00/17,00	16,00/0,40
ИГЭ-17. Песок пылеватый массивной криотекстуры, мерзлый, льдистый, слабозасоленный, при оттаивании рыхлый, водонасыщенный т, амQIII	0,00/14,30	1,50/17,00	8,00/1,40

ММП в естественных условиях обладают высокими прочностными свойствами. При сохранении температурного состояния грунтов они будут служить надежным основанием для инженерных сооружений. Изменение естественных условий при хозяйственном освоении территории приведет к деградации многолетнемерзлой толщи, а, следовательно, и к большим просадкам пород.

Таблица 2

*Нормативная глубина сезонного оттаивания и промерзания*

Номер ИГЭ	Нормативная глубина сезонного промерзания, м	Нормативная глубина сезонного оттаивания, м
ИГЭ-2	3.15	1.34
ИГЭ -3	2.34	0.61
ИГЭ-4	3.36	1.84
ИГЭ-5	3.62	1.65
ИГЭ-6	4.03	1.86
ИГЭ-7	3.70	1.68
ИГЭ-8	3.57	1.50
ИГЭ-9	4.08	1.88
ИГЭ-10	3.72	1.74
ИГЭ-11	3.63	1.53
ИГЭ-12	2.99	1.39
ИГЭ-13	3.60	1.84
ИГЭ-14	3.64	1.99
ИГЭ-15	3.27	1.83
ИГЭ-16	3.60	1.99
ИГЭ-17	3.57	1.84

Гранулометрический состав многолетнемерзлых четвертичных отложений Гыдана определяют частицы со средним диаметром 500 и 100 мкм, размер которых варьируется с глубиной: в верхнем торфяном слое представлены крупные фракции (500 и > 704 мкм), в супеси размер частиц преимущественно 100 мкм, слоистые пески состоят из фракции 500 мкм, на глубинах 0,2, 9, 10 м высока доля частиц фракции >704 мкм.

Результаты гранулометрического анализа всех выделяемых ИГЭ ММП территории изучения приведены в таблице 3.

Наблюдается корреляция между влажностью керна и размерами частиц материала: супеси и суглинки с преобладающим размером частиц в 100 мкм лучше всего удерживают влагу.

Анализ геохимического спектра элементов в составе ММП криолитозоны Гыдана, по данным специализированных исследований выявил повышенные содержания As, концентрации которого в слоях керна с органическим веществом превышали как кларковые значения, так и

Таблица 3

## Гранулометрический состав грунтов ИГЭ, выделенных в криолизотоне Гыдана

Номер ИГЭ	Классы крупности, мм. Содержание зерен частиц, %										
	>10,0	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
ИГЭ-1.											
ИГЭ-2.	-	-	-	0.6	3.5	7.2	11.9	19.5	24.6	14.7	18
ИГЭ-3	-										
ИГЭ-4.	-	0.2	0.8	7.4	12.2	18.2	41.6	19.6	-	-	-
ИГЭ-5.	-	-	-	0.9	3.6	6.8	12.5	17.2	24.6	13.8	20.6
ИГЭ-6.	-	-	-	0.8	3.2	7.4	12.3	17.4	24.8	14.7	19.4
ИГЭ-7.	-	-	-	0.8	3.3	7.3	12.2	17.5	24.8	14.7	19.4
ИГЭ-8.	-	-	-	0.8	3.3	7.3	12.2	17.5	24.8	14.7	19.4
ИГЭ-9.	-	-	-	0.9	3.3	7	12.4	27.1	25	15.6	8.7
ИГЭ-10.	-	-	-	0.8	3.3	7.3	12.3	27.3	24.7	14.7	9.6
ИГЭ-11.	-	-	-	0.8	3.1	7	12.9	26.8	26.4	23	-
ИГЭ-12.	-	-	-	0.5	2.6	6.5	13.1	23.9	29.4	24	-
ИГЭ-13.	3.5	7	7.4	7.2	12.4	17.4	18.8	26.3	-	-	-
ИГЭ-14.	-	0.7	2.8	7.1	12	17.3	41	19.1	-	-	-
ИГЭ-15.	-	0.7	3	7	12	17.2	40.9	19.2	-	-	-
ИГЭ-16.	-	0.6	2.8	6.1	11	17.3	31.2	31	-	-	-
ИГЭ-17.	-	0.7	3.1	7.2	12.1	17.3	29.7	29.9	-	-	-

ориентировочно допустимые концентрации. Небольшие отклонения от ОДК установлены для Cu и Ni. Выявлена зависимость содержания элементов от гранулометрического состава и влажности.

Так, супеси и суглинки с размером основной фракции 100 мкм удерживают влагу и Cu, Pb, Ni, As, Br, а пески (фракции 500 мкм) обеднены микроэлементами и обладают небольшой влагонасыщенностью. Установлено накопление металлов в слоях, содержащих примеси органического вещества [3].

Из опасных геологических и неблагоприятных инженерно-геологических явлений на территории исследования существуют риски проявления, характерных для криолитозоны Арктики, экзогенных геологических процессов: подтопление территории, заболачивание и торфообразование, морозное пучение грунтов в зоне сезонного промерзания-оттаивания, криогенное пучение грунтов (бугры пучения).

При оттаивании мерзлых грунтов глинистые грунты приобретают, от мягкопластичной до текучей консистенцию. Песчаные разности при оттаивании становятся водонасыщенными, торф – средней влажности.

Прогноз осадки грунта при оттаивании состоит из определения нормативной глубины сезонного оттаивания или многолетнего оттаивания грунтов и величины осадки оттаивающего грунта.

Для уменьшения последствий техногенного воздействия на геологические геокриологические условия рекомендуется предусмотреть мероприятия, обеспечивающие сохранение расчетного теплового режима грунтов основания в процессе строительства и эксплуатации. Для уточнения и корректировки расчетных данных в результате прогноза, рекомендуется создавать мерзлотную службу для стационарных наблюдений.

Изменений инженерно-геологических и геокриологических условий не произойдет при сохранении естественных условий грунтов и проведении необходимых мероприятий.

При строительстве рекомендуется использовать мерзлые грунты по I принципу, так как на участке изысканий распространена сплошная мерзлота сливающегося типа. Средняя температура грунтов на глубине нулевых годовых колебаний температур составляет минус 2,8°C.

При оттаивании подземных льдов и льдистых грунтов происходят значительные осадки и теряется несущая способность грунта. При проектировании рекомендуется учесть наличие таликовых зон, расположенных на глубинах возможного устройства основания фундаментов и предусмотреть устройство оснований соответственно выше либо ниже зоны грунтов в талом состоянии.



Рекомендуется рассмотреть возможность устройства оснований фундамента в талых грунтах, при условии соблюдения требований нормативно-технической документации. Рекомендуется выполнять работы с учетом нормативной глубины сезонного промерзания и пучинистых свойств грунтов основания. Для предупреждения развития опасных геологических процессов (заболачивания, наледей, эрозионных процессов) рекомендуется организовать сток атмосферных и хозяйственных вод, исключающий нарушение почвенного слоя.

Часть участка работ находится в пределах береговой и акваториальной зоны Обской губы, из чего следует сложная и изменчивая схема фильтрации воды в грунтах.

Прогнозируемый подъем уровня воды зависит от литологического состава грунтов, их льдистости и количества выпавших осадков и может составлять от 0,5 м до 1,5 м. Надмерзлотные грунтовые воды подоцерных несквозных таликов и подрусовые воды Обской губы гидравлически тесно связаны между собой, характеризуются близким составом, минерализацией и свойствами.

Грунтовые воды весьма пресные, по химическому составу гидрокарбонатные кальциево-натриевые, слабоагрессивные к бетону марки W4 по водородному показателю, по остальным показателям – неагрессивные. К бетонам марок W6, W8, W10-W12 эти воды неагрессивные. По степени агрессивного воздействия воды на арматуру железобетонных конструкций воды неагрессивные. По степени агрессивного воздействия жидких сульфатных сред, содержащих бикарбонаты, для бетонов марок W4-W8 – неагрессивная.

По степени воздействия вод на металлические конструкции степень агрессивного воздействия грунтов ниже уровня подземных вод – слабоагрессивные. Неагрессивные грунтовые воды при попадании в них промышленных стоков становятся агрессивными. При проектировании необходимо предусмотреть мероприятия, исключающие попадание загрязняющих веществ в грунтовые воды в результате аварий, разливов, утечек, сносом атмосферными осадками.

К специфическим грунтам на исследуемой территории относятся органические и мерзлые засоленные грунты. К органическим грунтам относятся мохово-растительный слой и торф. Мощность мохово-растительного слоя до 0,1 м.; распространение повсеместное.

По комплексу природных факторов, определяемых тектоникой, геологическим строением, геоморфологическими особенностями, взаимоотношением литологических разностей и геокриологическими условиями, на основании проведенного комплекса инженерно-геологических

работ на площади проектируемых объектов выделен один геолого-генетический комплекс - казанцевская морская равнина, который подразделяется в зависимости от литологического строения района, в интервале изученного литологического разреза, на районы.

Характеристика инженерно-геологических районов и их распространение отражены на картах инженерно-геокриологического районирования масштаба 1:5000. Специфические грунты представлены биогенными, органоминеральными, засоленными типами.

Инженерные сооружения находятся во взаимодействии с водами первого гидрогеологического комплекса – надмерзлотными водами несквозных таликов, поверхностных водотоков. Существуют риски подтопления, морозного пучения грунтов в зоне сезонного промерзания-оттаивания: солифлюкция, термоэрозия и термокарст, оврагообразование.

Инженерно-геологические условия оцениваются как сложные. На территории выявлено несколько литологических слоев с резко изменчивыми мощностями, невыдержанные по простиранию.

Целью геофизических изысканий является изучение геоэлектрического разреза, определение наличия блуждающих токов и коррозионных свойств грунтов на проектируемых площадках и линейных, трубопроводах и линиях ВЛ (воздушных линиях).

Электропроводность мерзлых грунтов зависит от литологии, минерализации, льдистости, криогенной текстуры и температуры.

Таблица 4

*Геоэлектрическая характеристика грунта таблица соответствия ИГЭ и диапазона УЭС по данным ВЭС*

Номер ИГЭ	Диапазон сопротивлений
ИГЭ-1	5486 Ом×м
ИГЭ-4	823 – 885 Ом×м
ИГЭ-6; ИГЭ-7; ИГЭ-8.	428 – 577 Ом×м
ИГЭ-13; ИГЭ-14; ИГЭ-15; ИГЭ-16; ИГЭ-17;	1820 – 2350 Ом×м
ИГЭ-9; ИГЭ-10; ИГЭ-11, ИГЭ-12	1020 – 1232 Ом×м

Геологический разрез на всю глубину бурения сложен высокоомными грунтами (табл. 4). Высокие удельные электрические сопротивления грунтов объясняются криогенным состоянием геологической среды.

Примененные методы исследований, модификации исполнения и технология их производства в допустимой мере реализовали свои

возможности. По результатам геофизических исследований на данных проектируемых сооружениях блуждающих токов в земле, опасной величины не обнаружено. Установлено, что коррозионная агрессивность грунтов по отношению к углеродистой стали до глубины 1м. – низкая (мерзлые грунты), до глубины 3м. – низкая (мерзлые грунты). Геоэлектрические разрезы, построенные в результате интерпретации, имеют двухслойный, трехслойный характер.

Материалы комплексного инженерно-геологического исследования ММП криолитозоны Гыдана составят основу базы данных регионального мониторинга естественного состояния и динамики техногенной трансформации геологической среды криолитозоны для прогнозирования, оценки и снижения рисков в целях устойчивого развития территории Арктической зоны Российской Федерации.

#### *Библиографический список*

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. Утверждена Указом Президента РФ от 26 октября 2020 года №645.
2. *Мустафин С. К., Милушкина А. В., Милушкин К. С.* Исследование инженерно-геологических условий территории промышленного освоения криолитозоны Арктики. В сб.: LXXVII Герценовские чтения. Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И.Герцена, 2024. С. 67 -71.
3. *Саева О. П., Юркевич Н. В., Синицкий А. И. и др.* Особенности распределения элементов в многолетнемерзлых породах полуострова Гыдан. Новосибирск: Интерэкспо Гео-Сибирь, 2019. - С. 129-136.

### THE NATURE, COMPOSITION AND PROPERTIES OF PERMAFROST ROCKS OF THE ARCTIC CRYOLITHOZONE DEVELOPMENT AREA (ON THE EXAMPLE OF THE GYDAN PENINSULA).

**S.K.Mustafin, A.V.Milushkina, K.S.Milushkin**

*sabir.mustafin@yandex.ru*

The results of studying the nature, composition and properties of Quaternary sediments of the Gydan cryolithozone, which will serve as a reliable basis for the construction and subsequent reliable safe operation of critical engineering structures in the complex and heterogeneous geological environment of the Arctic cryolithozone, are discussed. The materials of a comprehensive engineering and geological study of soils will form the basis of a database for regional monitoring of the natural state and dynamics of man-made transformation of the geological environment of the cryolithozone for forecasting, assessing and reducing risks for the sustainable development of the territory.

*Keywords: Gydan, cryolithozone, permafrost rocks, engineering and geological elements, forecasting geological risks.*