

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

Ядзинская Марина Радиковна

**ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ
ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ УГЛЕВОДОДАМИ**

25.00.08 Инженерная геология, мерзлотоотведение и грунтоведение

**Диссертация на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук**

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор
Середин Валерий Викторович

Пермь, 2016

Содержание

Введение.....	4
1 Оценка инженерно-геологических условий	9
1.1 Физико-географические и техногенные условия	9
1.2 Геолого-литологическое строение	12
1.3 Гидрогеологические условия	14
1.4 Свойства грунтов.....	20
1.5 Специфические грунты	31
1.6 Геологические и инженерно-геологические процессы	32
1.7 Геокриологические условия.....	35
1.8 Районирование территории.....	39
2 Механизм агрегации частиц в глинах, жидкой компонентой которых являются углеводороды и вода	48
2.1 Состояние вопроса.....	48
2.2 Методика исследований	48
2.3 Результаты исследований	49
3 Прогноз прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами	56
3.1 Состояние и изученность вопроса.....	56
3.2 Методика исследований	58
3.3 Закономерности изменения прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами	59
3.4 Разработка математических моделей по прогнозу прочностных свойств глинистых грунтов	70
4 Прогноз прочностных свойств песчаных грунтов, загрязненных углеводородами	73
4.1 Состояние и изученность вопроса.....	73
4.2 Методика исследований	73
4.3 Закономерности изменения прочностных свойств песчаных грунтов, загрязненных углеводородами	74
Заключение	86
Список используемых источников.....	91
Текстовые приложения	99
Приложение А. Каталог высот и координат скважин.....	100
Приложение Б. Таблица физико-механических свойств талых грунтов	103
Приложение В. Таблица физических свойств многолетнемерзлых грунтов	105
Приложение Г. Паспорта глинистых грунтов	107

Приложение Д. Паспорта песчаных грунтов	146
Графические приложения.....	199
Карта фактического материала.....	200
Карта районирования	202
Разрезы по линиям I-I, II-II	204
Разрезы по линиям III-III, IV-IV	205
Разрезы по линиям V-V, VI-VI. VII-VII.....	206
Продольный профиль по трассе автодороги М 1:2000.....	207
Продольный профиль по трассе нефтегазосборного коллектора М 1:2000 .	208
Продольный профиль по трассе ВЛ 1 нить М 1:2000	209
Продольный профиль по трассе ВЛ 2 нить М 1:2000.....	210

Введение

Актуальность. В результате разработки нефтяных месторождений довольно часто происходит пролив нефти на земную поверхность. Это приводит не только к изменению среды обитания человека, но и к изменению состояния и свойств грунтов. Углеводороды, замещая водный поровый раствор, изменяют несущую способность грунтового основания, что влечет за собой аварийные ситуации на нефтеперерабатывающих установках, в зданиях и сооружениях. Поэтому важными являются вопросы прогноза изменений свойств грунтов, подвергшихся нефтяному загрязнению.

Исследованиями изменений физико-механических свойств грунтов при загрязнении их нефтью и нефтепродуктами занимались многие ученые. Среди них Соколов В.Н. [74], Щукин В.Д. [88], Круподеров И.В. [40], Злочевская Р.И. и Королев В.А. [32-33], Осипов В.И. [48-50], В. В. Середин [58-64], В. И. Каченов [36], Н. Н. Бракоренко и Т. Я. Емельянова [3,4], Ю. А. Нефедьева [47], А. П. Казёнников [35], Ю. Н. Копылов [37], Григорьева И. Ю. [27], Л. В. Шевченко и И.В. Ширшова [87] и другие.

Так, В.И. Каченовым и др. [36] исследовались прочностные характеристики песков и глинистых грунтов, насыщенных водой и моторным маслом различной концентрации. Ими установлено, что при увеличении концентрации масла, углы внутреннего трения песков уменьшаются. К подобным выводам пришли И.Ю. Григорьева [27]. К противоположному выводу пришел Ю. Н. Копылов [37]. Им установлено, что с увеличением концентрации масла машинного до 20 % наблюдается рост угла внутреннего трения песков, а при дальнейшем увеличении концентрации углеводородов угол трения снижается. Б.М. Осовецкий и др. [51], изучая влияние масла моторного и дизельного топлива на прочность песков выявил, что концентрация этих углеводородов не оказывает существенного влияния на изменения угла внутреннего трения песков. В.В. Середин [63], исследуя влияние вязкости поровой жидкости (углеводородов) на изменения углов внутреннего трения песков, пришел к выводу о том, что с увеличением вязкости поровой жидкости углы трения песков уменьшаются.

Из приведенного видно, что результаты исследований не всегда сопоставимы между собой. Поэтому вопросы, связанные с влиянием углеводородов на прочностные свойства грунтов, требуют дальнейших экспериментальных исследований.

Целью работы является прогноз прочностных свойств дисперсных грунтов, загрязненных углеводородами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить инженерно-геологические условия трассы нефтепровода на Северо-Харьягинском нефтяном месторождении;
- изучить механизм агрегации и диспергации частиц глинистых грунтов, загрязненных углеводородами;
- изучить закономерности изменения прочностных свойств дисперсных грунтов в зависимости от типа и концентрации углеводородного загрязнителя;
- на основании выявленных закономерностей разработать математические модели прогноза прочностных свойств грунтов, загрязненных углеводородами.

Научная новизна состоит в том, что в данной работе:

- научно обосновано применение статистических многомерных моделей прогноза прочностных характеристик дисперсных грунтов, загрязненных углеводородами;
- установлен механизм агрегации и диспергации частиц глинистых грунтов, загрязненных углеводородами.

Объектом исследования являются грунты трассы нефтепровода на Северо-Харьягинском нефтяном месторождении.

В качестве **методов исследования** выбраны эмпирические (наблюдение и эксперимент) и вероятностно-статистические.

Защищаемые положения:

1. механизм агрегации и диспергации частиц глинистых грунтов, загрязненных углеводородами;
2. закономерности изменения прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами, на основании которых разработаны

математические модели прогноза сцепления и угла внутреннего трения глинистых грунтов;

3. закономерности изменения прочностных свойств песков, подверженных углеводородному загрязнению, на основании которых разработаны математические модели прогноза угла внутреннего трения песков.

Достоверность научных положений подтверждается большим количеством экспериментальных исследований. Всего проведено 189 опытов в лаборатории. В полевых условиях получена информация по инженерно-геологическим условиям по 63 скважинам и 96 монолитам и образцам.

Все эксперименты и наблюдения проводились на базе лаборатории грунтоведения при Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Практическая ценность результатов заключается в том, что на основе разработанных математических моделей можно прогнозировать изменение свойств грунтов. Таким образом, при проектировании сооружений можно заложить все возможные мероприятия и скорректировать проектные решения для достижения безопасной эксплуатации нефтяных сооружений и предотвращения аварийных ситуаций.

Результаты исследований могут быть использованы при составлении раздела инженерно-геологических отчетов – прогноз изменения инженерно-геологических условий, а также при чтении лекций по грунтоведению.

Апробация работы и публикации. Материалы работы докладывались и обсуждались на конференциях «Геология в развивающемся мире» /Пермь, 2014–2016/, «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» /Пермь, 2010–15/, «Молодые – наукам о земле» /Москва, 2012/, «Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий» /Москва, 2012/.

Всего по теме диссертации опубликованы 13 научных работ из них 8 в журналах, рекомендованных ВАК.

На тему данной диссертационной работы автором были написаны следующие публикации:

– Середин В.В., Ядзинская М.Р. «Закономерности изменения прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных нефтепродуктами» //Инженерная геология № 2, 2014. С. 26-32;

– Осовецкий Б.М., Растегаев А.В., Ибламинов Р.Г., Каченов В.И., Ядзинская М.Р. Изучение влияния масла моторного, как поровой жидкости на прочностные свойства песков. // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4;

– Середин В.В., Ядзинская М.Р. Исследование механизма агрегации частиц в глинистых грунтах при загрязнении их углеводородами. Фундаментальные исследования. 2014. № 8 (Часть 6). С. 1408-1412;

– Ядзинская М.Р., Агеева Т.А «Исследование процессов диспергации и агрегации грунтов при загрязнении их углеводородами» //Сборник научных трудов «Геология в развивающемся мире», Том II, 2014 г, с.51-53;

– Галиахметова А.В., Ядзинская М.Р., Канева И.В. «Оценка природных и техногенных условий для целей инженерной защиты трубопроводов в криолитозоне»// Инженерные изыскания. 2013.№ 1 с. 52-55;

– Ядзинская М.Р., Галиахметова А.В., Соловьева И.В. «Сравнительный анализ методов определения осадки при оттаивании многолетнемерзлых грунтов (на примере Заполярья)» // Инженерная геология. 2011. № 4. с.58-60;

– Ядзинская М.Р., Галиахметова А.В. «Инженерно-геологические изыскания в районах островного распространения многолетнемерзлых грунтов» // Инженерные изыскания, 2009 г. № 12., с. 52-56;

– Середин В.В., Ядзинская М.Р. Районирование территории коридора коммуникаций на Северо-Харьягинском нефтяном месторождении. Современные проблемы науки и образования. 2014.

Диссертационная работа написана на 211 страницах и включает 4 главы, текстовые и графические приложения. В первой главе приводится оценка инженерно-геологических условий района исследований, районирование территории. Во второй главе приведены методика и результаты исследований

агрегации и диспергации частиц в глинистых грунтах, поровой жидкостью которых являются масло моторное марки «ЛУКОЙЛ-МОТО 2Т» (МГД-14м) в концентрациях 1,5 %, 2,5 %, 4,5 % и 10 % и вода. **В третьей главе** описываются закономерности изменения прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных дизельным топливом и маслом машинным, на основании которых разработаны математические модели прогноза сцепления и угла внутреннего трения глинистых грунтов. **В четвертой главе** описаны методика и результаты исследований по прогнозу прочностных свойств песков, загрязненных углеводородами. Объектом исследований являлись пески мелкие, средние и крупнозернистые.

В приложения включены:

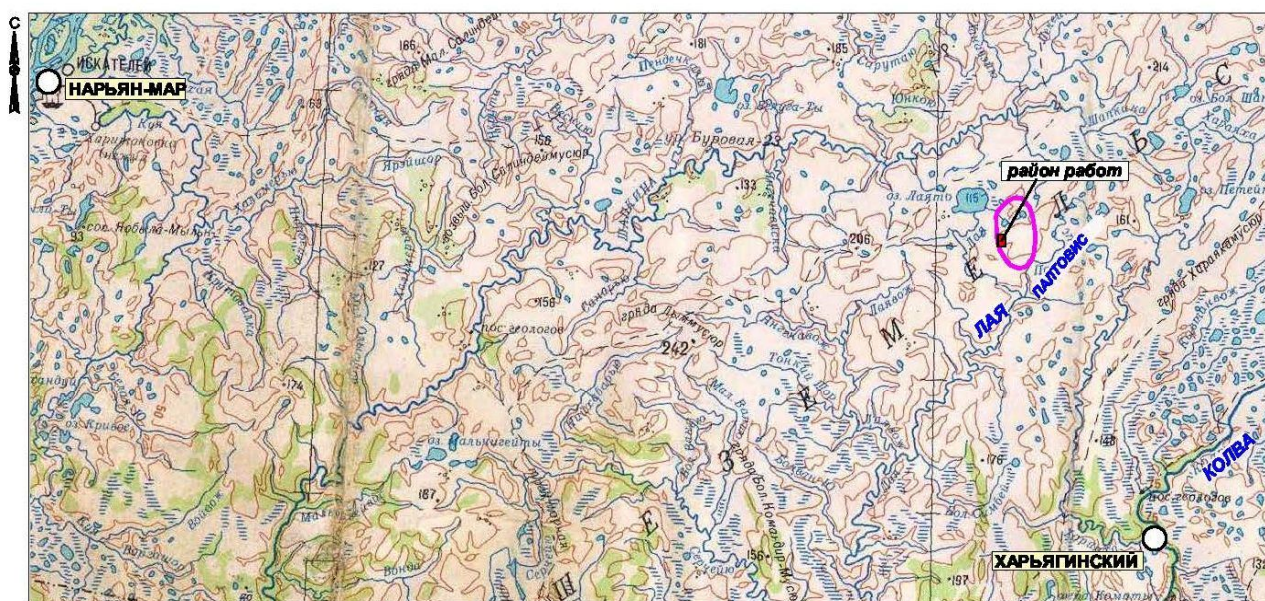
- паспорта грунтов;
- журнал определения микроагрегатного состава;
- карта фактического материала;
- карта районирования;
- инженерно-геологические разрезы и профили по трассам.

Автор выражает благодарность за помощь научному руководителю, д.г.-м.н., профессору В.В. Середину, а также всему коллективу кафедры инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета.

1 Оценка инженерно-геологических условий

1.1 Физико-географические и техногенные условия

В административном отношении район изысканий находится в южной части Ненецкого автономного округа Архангельской области и удален от окружного центра – г. Нарьян-Мар в юго-восточном направлении на расстояние 220 км. Ближайшая железнодорожная станция и аэропорт находятся в г. Усинск, на территории Республики Коми в 150 км к юго-востоку от месторождения.



масштаб 1:700 000

Условные обозначения:

■ район работ

□ контур Северо-Харьятинского нефтяного месторождения

Рисунок 1.1 Ситуационная карта-схема района работ

Район работ расположен в субарктическом климатическом поясе Европейской части России, в зоне тундры. Климат холодный, континентальный, избыточно влажный.

Участок изысканий расположен в пределах Северо-Харьятинского месторождения, которое находится на водоразделе рек Лая и Хараха.

Проектируемая площадка куста скважин № 16 в геоморфологическом отношении приурочена к левобережной долине р. Лая, осложненной долинами ручьев. Размеры площадки 300x200 м. Рельеф площадки слабонаклонный, с общим уклоном на северо-запад. Абсолютные отметки в пределах площадки

изменяются от 135,2 до 146,7 (система высот Балтийская). Площадка расположена на открытой задернованной поверхности, покрытой кустарниками ивы и моховой растительностью. С юга от площадки отмыкает проектируемая трасса нефтегазосборного трубопровода «куст скважин № 16 – точка врезки куст скважин № 14». С юга примыкает проектируемая трасса ВЛ 10 кВ (2 линии), с севера – проектируемая трасса внутрипромысловой автодороги, идущие от куста скважин № 14.

Проектируемая трасса ВЛ 10 кВ (2 линии) отмыкает от площадки куста скважин № 14, следует в северо-западном направлении и примыкает к проектируемой площадке куста скважин № 16. Обе линии идут в одном направлении на расстоянии 10 м друг от друга. Протяженность трасс составляет 1,7 км.

Проектируемая трасса внутрипромысловой автодороги отмыкает от подъездной автодороги на куст скважин № 14, следует в одном коридоре и в одном направлении с трассами ВЛ 10 кВ, справа от нее, на расстоянии 30 м от 2-я линии, и примыкает к проектируемой площадке куста скважин № 16 с северного угла. Протяженность трассы 1,6 км.

Характеристика проектируемых сооружений

- площадка куста скважин № 16, площадь 8,8 га;
- трасса внутрипромысловой автодороги на куст скважин № 16, протяженность трассы 1,6 км;
- трасса нефтегазосборного трубопровода (НГСК) «Куст скважин № 16 – точка врезки куст скважин № 14» Ду=159 (прокладка надземная), протяженность трассы 1,5 км;
- трасса ВЛ 10кВ «Куст скважин № 14-КТПН куст скважин № 16» (1 линия), протяженность трассы 1,6 км;
- трасса ВЛ 10 кВ «Куст скважин № 14-КТПН куст скважин № 16» (2 линия), протяженность трассы 1,7 км.

По техническому заданию строительство сооружений будет производиться на сваях, глубина погружения свай 10 м. Уровень ответственности сооружений – II (нормальный).

Проектируемая трасса НГСК отмыкает от проектируемой площадки куста скважин № 16, идет в одном коридоре с трассами ВЛ 10 кВ и автодороги, но в обратном направлении, справа от 2-й линии на расстоянии 50 м, и примыкает к площадке куста скважин № 14. Протяженность трассы 1,5 км.

Рельеф по трассам участка работ относительно ровный, участками ложбинный, местами на поверхности лед. Высотные отметки по трассам изменяются от 136,0 до 156,0 м (система высот Балтийская). Описание трасс приводится по трассе ВЛ 10 кВ 2-я линия (от ф. 5).

На ПК0+23 трасса пересекает подъездную автодорогу на куст скважин № 14. Ширина основания насыпи в месте пересечения около 20 м, высота насыпи 1,5–1,6 м, покрытие – щебень. Трасса НГСК пересекает подъездную автодорогу на площадку куста № 14 дважды на ПК11+31 и ПК16+64.

На участках ПК0+50 – ПК1+05, ПК1+95 – ПК2+05, ПК2+70 – ПК3+50, ПК5+25 – ПК5+85 трасса ВЛ 10 кВ (2-я линия) пересекает понижения рельефа, на открытых участках лед. Растительность на таких участках представлена стлаником ивы. Проектируемая трасса НГСК идет в одном коридоре, но в обратном направлении, на расстоянии 50 м, так же как и трасса проектируемой автодороги (которая идет в 30 м от 2-й линии трассы ВЛ 10 кВ) минует эти участки. По данным бурения, как правило, на таких участках имеются талики.

На участке ПК6+35 – ПК6+80 трасса ВЛ 10 кВ пересекает ложбину с двумя отвершками. Ложбина шириной 45–50 м, борта пологие, задернованы, глубина ложбины 1,0–1,5 м. В тальвегах отвершков два временных водотока, местами на поверхности вода, на открытых участках лед, мощностью до 20 см. Ложбина покрыта стлаником ивы. Урез воды на период изысканий (август 2009 г.) составил 99,37 м (система высот Балтийская). Согласно гидрологическим расчетам уровень воды в ручьях 10 %-й обеспеченности составляет 150,82–151,09 м, 1 %-й обеспеченности – 150,86–151,13 м (система высот Балтийская). Справа от трассы

идут два отвершка от ложбины, которые простираются поперек проектируемых трасс. Проектируемые трассы автодороги и нефтегазосборного трубопровода пересекают оба отвершка. Ширина отвершков в местах пересечения 15–50 м.

На участке ПК8+10-ПК8+65 трасса ВЛ 10 кВ пересекает понижение рельефа покрытого стлаником ивы, местами на открытых участках виден лед.

На участке ПК8+75 – ПК9+30 трасса ВЛ 10 кВ (2-я линия) проходит по ложбине шириной от 35–50 м, глубина ложбины 1,0–1,3 м. Борта пологие, тальвег сырой, покрыт стлаником ивы, местами на поверхности вода, на открытых участках лед. Ложбина простирается поперек проектируемым трассам. Далее маршрут проходит по открытому ровному участку.

На участках ПК12+80 – ПК13+85, ПК15+45 – ПК15+95, ПК16+30 – ПК16+72 (К.тр.) трасса ВЛ 10 кВ (2-я линия) пересекает понижения рельефа, на открытых участках лед. Растительность представлена стлаником ивы. Проектируемые трассы автодороги и НГСК идут параллельно и так же пересекают эти участки.

Район работ согласно СНиП 23-01-99* [72] относится к ИД строительному климатическому району.

1.2 Геолого-литологическое строение

В геологическом строении проектируемых трасс принимают участие нижнечетвертичные ледниковые, ледниково-морские и верхнечетвертично-современные озерно-аллювиальные отложения.

Геолого-литологический разрез следующий (сверху вниз).

Четвертичная система Q

Почвенно-растительный слой (мох) (pQ_{IV}), мощность 0,3-0,5 м.

Озерно-аллювиальные отложения (laQ_{II-III})

Суглинок (ИГЭ 1) тяжелый пылеватый, легкий песчанистый коричневый, серовато-коричневый, мягкопластичный, местами с прослойками песка мелкого насыщенного водой, мощностью до 1,0-1,5 м и единичными включениями гравия и

гальки. Слой встречен на площадке повсеместно с поверхности под почвенно-растительным слоем, мощностью 0,4–7,4 м. По трассам слой встречен также повсеместно с поверхности под почвенно-растительным слоем, мощность 2,7–0,7 м.

Суглинок (ИГЭ 2) коричнево-красный пластичномерзлый, льдистый, криотекстура от массивной, до тонкошлифованной среднеслоистой, редко частослоистая, местами с тонкими прослойками песка серовато-коричневого, мощностью 1,0–2,0 см, с единичными включениями гравия и гальки. Суглинок встречен в северо-восточной и юго-восточной частях площадки, на глубине 0,3–2,1 м, мощность 0,4–2,8 м. Так же суглинок встречен по трассе ВЛ 10 кВ (2-я линия от ф. 5) на участках ПК7+30 – ПК7+80, ПК9+85 – ПК12+60, ПК15+60 – ПК16+25. По трассе автодороги на участках ПК3+80 – ПК4+20, ПК6+30 – ПК9+10. По трассе НГСК на участках ПК2+70 – ПК5+55, ПК7+65 – ПК8. Суглинок встречен на глубине 0,6–2,6 м, мощность 0,6–2,6 м.

Ледниковые, ледниково-морские отложения (g, gmQ_l)

Суглинок (ИГЭ 3) тяжелый пылеватый, легкий песчаный темно-серый тугопластичный, местами с прослоями глины тугопластичной и прослоями песка мелкого малой степени водонасыщения, мощностью до 2 см, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава слабоокатанных, размером до 1,5-5,0 см, до 5-10%. Суглинок встречен в местах распространения таликов в западной части площадки на глубине 1,3-7,7 м, мощность 0,5-9,7 м. Суглинок встречен на участках распространения таликов в низинах рельефа и в ложбинах. По трассе ВЛ 10 кВ на участках ПК0+25-ПК1+20, ПК1+85-ПК2+20, ПК2+60-ПК5, ПК5+25-ПК5+95, ПК6+25-ПК6+90, ПК8+5-ПК9+70, ПК12+70-ПК14, ПК15+30-ПК15+95, ПК16+25-ПК16+72 (К.тр.). По трассе автодороги суглинок встречен на следующих участках ПК2+65-ПК3+70, ПК5+25-ПК6+20 ПК12-ПК15+70 (к. тр.). По трассе НГСК суглинок встречен на следующих участках ПК5+70-ПК6+80, ПК8+05-ПК9+25, ПК10-ПК12 (ПК10-ПК11=98,21 м). Суглинок вскрыт на глубине 1,0-2,9 м, вскрытая мощность 9,1-11,0 м.

Суглинок (ИГЭ 4) серый, темно-серый пластичномерзлый, слабольшедистый, криогенная текстура тонко- и среднешлифованная средне- и редкослоистая, иногда

толстошлировая, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава слабоокатанных, размером 0,5-5,0 см, до 5-10%, местами с тонкими прослойками песка. Суглинок встречен в северо-восточной части площадки глубине 1,6-12,0 м, мощность 3,0-13,4 м. Слой широко распространен по всем трассам (за исключением тех участков, где развиты талики) на глубине 0,3-4,3 м, мощность 7,7-11,7 м.

В соответствии с полевым описанием грунтов, лабораторными данными, ГОСТ 20522-2012 [19] и классификацией по ГОСТ 25100-2011 [22] по трассам выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

ИГЭ 1 – суглинок мягкопластичный (laQ_{III-IV});

ИГЭ 2 – суглинок льдистый пластичномерзлый (laQ_{III-IV});

ИГЭ 3 – суглинок тугопластичный (g, gmQ_I);

ИГЭ 4 – суглинок слабольдистый пластичномерзлый (g, gmQ_I).

Показатели физико-механических свойств выделенных инженерно-геологических элементов (ИГЭ) приведены в главе 1.2, в табл. 1.4-1.7.

Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов приведены в табл. 1.8, 1.9.

1.3 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия участка изысканий по материалам выполненных изысканий характеризуются развитием подземных вод озерно-аллювиальных отложений и почвенно-растительного слоя.

Подземные воды на площадке в период изысканий (ноябрь – декабрь 2010 г) встречены почти повсеместно на глубинах 0,3–0,8 м, установившиеся уровни отмечены на тех же глубинах на отметках 134,77-144,62 м (Балтийская система высот).

На исследуемой территории площадки подземные воды встречены в озерно-аллювиальных суглинках мягкопластичных и прослоях песка.

Питание подземных вод происходит в основном за счёт оттаивания сезонномёрзлых грунтов и инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка осуществляется в понижения рельефа.

Химический состав подземных вод приведен в табл. 1.1.

Таблица 1.1 Химический состав подземных вод

№ выработки	с-24	с-33	с-45
№ анализа	3581	3579	3580
Глубина отбора, м	0,3	0,4	0,3
Дата отбора	29.11.10	02.12.10	08.12.10
1	2	3	4
Компоненты			
Катионы			
Кальций, мг/л	76,15	78,16	72,14
Магний, мг/л	15,81	19,46	17,02
Железо закисное, мг/л	0,00	0,00	0,24
Железо окисное, мг/л	0,21	0,29	0,47
Аммоний, мг/л	0,34	0,57	1,37
Натрий + Калий, мг/л	12,44	12,29	29,61
Анионы			
Гидрокарбонаты, мг/л	317,29	341,70	353,90
Хлориды, мг/л	6,38	5,32	3,55
Сульфаты, мг/л	13,99	15,64	23,46
Нитриты, мг/л	0,01	0,01	0,01
Нитраты, мг/л	0,00	0,37	0,57
Другие определения			
Бикарбонатная щелочность, мг-экв/л	5,20	5,60	5,80
Жесткость: общая, мг-экв /л	5,10	5,50	5,00
Карбонатная, мг-экв/л	5,10	5,50	5,00
Некарбонатная, мг-экв/л	0,00	0,00	0,00
Водородный показатель, рН	7,30	6,90	6,90
Свободная углекислота, мг/л	8,80	4,40	8,80
Агрессивная углекислота, мг/л	0,00	0,00	4,40
Сухой остаток, мг/л	283,98	302,95	325,39

Продолжение таблицы 1.1

1		2	3	4
Окисляемость, мгО ₂ /дм ³		7,76	13,46	149,53
Минерализация, мг/л		442,63	473,80	502,34
Вид агрессивности по СНиП 2.03.11-85 и «Пособию к СНиП 2.03.11-85...»	к бетону нормальной проницаемости	неагрес- сивная	неагрес- сивная	неагрес- сивная
	к арматуре железобетонных конструкций при периодическом погружении	неагрес- сивная	неагрес- сивная	неагрес- сивная

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевые, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевые. Воды пресные с минерализацией 0,44-0,50 г/л. Согласно химанализу и таблицам В.3, В.4 СП 28.13330.2012 [81] подземные воды неагрессивны по отношению к бетону нормальной проницаемости (марки W4). Согласно таблице Г.2 СП 28.13330.2012 [81] воды не агрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании.

По характеру подтопления территория застраиваемой площадки согласно п.п.2.94-2.101 «Пособия...» [52] относится к подтопленной.

Нормативная глубина сезонного оттаивания и промерзания рассчитана согласно приложению Г СП 25.13330.2012 [80]. Нормативная глубина сезонного промерзания составляет для суглинков составляет 2,03 м от поверхности земли, нормативная глубина сезонного оттаивания для суглинков - 1,25 м.

На проектируемой площадке куста №16 суглинки мягкопластичные, находящиеся в пределах глубины сезонного промерзания, по степени морозоопасности табл. Б.27 ГОСТ 25100-2011 [22] являются сильнопучинистыми.

Согласно лабораторным и геофизическим данным коррозионная агрессивность суглинков низкая, редко средняя.

Подземные воды по трассам встречены в низинах рельефа и ложбинах на местах развития таликов, а на некоторых участках встречены надмерзлотные воды. Подземные воды связаны между собой и имеют один уровень.

Вода по трассам встречена на следующих участках:

По трассе ВЛ 10 кВ (2-я линия от ф. 5) подземные воды встречены на следующих участках ПК0+15 – ПК0+85, ПК1+85 – ПК2+15, ПК2+70 – ПК5+90, ПК6+30 – ПК6+75, ПК8+30 – ПК9+30, ПК11 – ПК13+85, ПК15+40 – ПК15+85, ПК16+40 – ПК16+72(к. тр.).

По трассе НГСК подземные воды встречены на участках ПК2 – ПК4+30, ПК6+20 – ПК6+50, ПК8+25 – ПК9+15, ПК9+60 – ПК11.

По трассе автодороги подземные воды встречены на участках ПК0 – ПК2+15, ПК2+70 – ПК3+50, ПК5+40 – ПК5+75, ПК7+70 – ПК10, ПК12+30 – ПК15.

Воды встречены на глубине 0,2-2,0 м на отметках 134,77-152,68 м (Балтийская система высот) в озерно-аллювиальных суглинках мягкопластичных.

Питание подземных вод происходит в основном за счёт оттаивания сезонномёрзлых грунтов и инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в ложбины и понижения рельефа.

Химический состав подземных вод приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2 Химический состав подземных вод

№ выработки	с-1	с-8	с-17
№ анализа	3575	3578	3577
Глубина отбора, м	0,7	0,2	0,6
Дата отбора	19.11.10	22.11.10	25.11.10
1	2	3	4
Компоненты			
Катионы			
Кальций, мг/л	112,22	44,09	110,22
Магний, мг/л	47,42	13,38	27,36
Железо закисное, мг/л	0,06	0,49	0,00

Продолжение таблицы 1.2

1		2	3	4
Железо окисное, мг/л		0,17	1,31	0,21
Аммоний, мг/л		0,39	1,01	0,47
Натрий + Калий, мг/л		23,45	18,38	9,90
Анионы				
Гидрокарбонаты, мг/л		506,45	244,07	475,94
Хлориды, мг/л		4,61	5,32	4,61
Сульфаты, мг/л		101,64	4,12	13,58
Нитриты, мг/л		0,03	0,01	0,01
Нитраты, мг/л		0,40	0,48	0,31
Карбонаты, мг/л		0,00	0,00	0,00
Другие определения				
Бикарбонатная щелочность, мг-экв /л		8,30	4,00	7,80
Жесткость: общая, мг-экв /л		9,50	3,30	7,75
карбонатная, мг-экв /л		8,30	3,30	7,75
некарбонатная, мг-экв /л		1,20	0,00	0,00
Водородный показатель, рН		7,30	6,20	7,00
Свободная углекислота, мг/л		8,80	17,60	13,20
Агрессивная углекислота, мг/л		0,00	17,60	0,00
Окисляемость, мгО ₂ /л		8,55	15,21	9,35
Минерализация, мг/л		796,86	332,65	642,61
Сухой остаток, мг/л		543,63	210,61	404,64
Вид агрессивности по СНИП 2.03.11-85	бетону нормальной проницаемости	неагрессивная	НСО ₃ ⁻ , СО ₂ слабоагрессивная	неагрессивная
	к арматуре ж/б конструкции при периодическом смачивании	неагрессивная	неагрессивная	неагрессивная

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевые, реже гидрокарбонатно-кальциево-натриевые пресные с минерализацией 0,33-0,80 г/л. Согласно химанализам и таблицам В.3, В.4 СП 28.13330.2012 [81] подземные воды обладают слабой общекислотной, слабой углекислотной агрессивностью по отношению к бетону нормальной

проницаемости (марки W4). Согласно таблице Г.2 СП 28.13330.2012 [81] подземные воды не агрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании.

Показатели оптимальной влажности и максимальной плотности по трассе автодороги получены лабораторным методом, степень увлажнения глинистых грунтов, согласно таблицам В.11, В.12 приложения В СП 34.13330.2012 [82].

Результаты определения максимальной плотности (γ_{\max}) и оптимальной влажности ($W_{\text{опт}}$) грунтов по автодороге приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Максимальная плотность и оптимальная влажность грунтов

№ скв.	Глубина отбора проб, м	Естественная влажность W	Оптимальная влажность $W_{\text{опт}}$	Максимальная плотность γ_{\max}	$0,9 W_{\text{опт}}$	W_{adm}	W_{max}	Разновидность грунта по степени увлажнения (табл. В.11 прил. В СНиП 34.13330.2012)
с-5	1,0	0,237	0,171	1,72	0,154	0,180	0,222	переувлажненные
с-16	1,5	0,238	0,163	1,74	0,147	0,171	0,212	переувлажненные
с-45	1,0	0,273	0,178	1,73	0,149	0,174	0,216	переувлажненные

По трассе проектируемой автодороги по степени увлажнения глинистые грунты относятся в основном к грунтам переувлажненным.

Согласно приложению В СП34.13330.2012 [82] исследуемая трасса автодороги находится в I климатической зоне. По условиям увлажнения и мерзлотно-грунтовым особенностям местность относится ко второму и третьему типу согласно таблице В.9 приложения в 2 СП 34.133330.2012 [82].

По трассе автодороги по степени пучинистости при замерзании, согласно таблицам В.6, В.7 приложения В СП 34.133330.2012 [82].

Нормативная глубина сезонного оттаивания и промерзания рассчитана согласно приложению Г СП 25.13330.2012 [80]. Нормативная глубина сезонного промерзания составляет для суглинков составляет 2,03 м от поверхности земли, нормативная глубина сезонного оттаивания для суглинков - 1,25 м.

Согласно лабораторным и геофизическим данным коррозионная агрессивность суглинков в основном низкая, редко средняя.

Группы грунтов по трудности разработки, согласно приложению 1.1 ГЭСН [26], следующие:

Почвенно-растительный слой	9а
Суглинок мягкопластичный	35б
Суглинок тугопластичный	35в
Суглинок пластичномерзлый	5в

1.4 Свойства грунтов

В соответствии с полевым описанием грунтов, лабораторными данными, в соответствии с ГОСТ 20522-2012 [20] и классификацией грунтов по ГОСТ 25100-2011 [22] на участке изысканий выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

ИГЭ 1 – суглинок мягкопластичный (laQ_{III-IV});

ИГЭ 2 – суглинок слабодистый пластичномерзлый (laQ_{III-IV});

ИГЭ 3 – суглинок тугопластичный (g, gmQ_I);

ИГЭ 4 – суглинок слабодистый пластичномерзлый (g, gmQ_I);

ИГЭ 1 – суглинок мягкопластичный (laQ_{III-IV}). Суглинок тяжелый пылеватый, легкий песчанистый коричневый, серовато-коричневый, мягкопластичный, местами с прослойками песка мелкого, насыщенного водой, иногда малой степени водонасыщения, мощностью до 1,0–1,5 см и единичными включениями гравия и гальки. Суглинок имеет широкое распространение по трассам и на площадке, встречен с поверхности под почвенно-растительным слоем, мощность 0,4-7,4 м.

Показатели физико-механических свойств грунта (ИГЭ 1) приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4 Показатели физико-механических свойств суглинка мягкопластичного (laQ_{III-IV}), ИГЭ 1

Характеристика грунта	Количество определений	Интервал значений	Нормативное значение	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Расчетные значения	
						0,85	0,95
1	2	3	4	5	6	7	8
Природная влажность, д. ед.	19	0,180-0,283	0,242	0,028	0,116		
Влажность на границе текучести, д. ед.	19	0,206-0,334	0,294	0,039	0,133		
Влажность на границе раскатывания, д. ед.	19	0,125-0,200	0,155	0,023	0,148		
Число пластичности, д. ед.	19	0,075-0,168	0,138				
Показатель текучести, д. ед.	1	0,463	0,635	0,087	0,137		
	18	0,512-0,742					
Плотность, г/см ³	16	1,84-2,06	1,96	0,069	0,035	1,94	1,93
Плотность частиц грунта, г/см ³	16	2,69-2,73	2,71	0,010	0,004		
Плотность сухого грунта, г/см ³	16	1,45-1,75	1,58	0,091	0,058		
Пористость, %	16	35,34-46,69	41,70	3,459	0,083		
Коэффициент пористости	16	0,547-0,876	0,721	0,100	0,139		
Коэффициент водонасыщения, д.ед.	16	0,835-0,976	0,904	0,038	0,042		
Оптимальная влажность, д.ед.	2	0,163; 0,171					
Максимальная плотность, г/см ³	2	1,720; 1,740					
Гранулометрический состав по фракциям в мм, %	>10	19	0,00-5,62	0,30			
	10-5	19	0,00-5,26	0,39			
	5-2	19	0,00-3,25	0,27			
	>2	19	0,00-12,77	0,96			
	2,0-1,0	19	0,00-2,74	0,15			
	1,0-0,5	19	0,10-1,11	0,29			
	0,50-0,25	19	0,95-8,90	3,07			
	0,25-0,10	19	6,40-36,15	19,00			
	0,10-0,05	19	9,90-28,17	16,11			
	0,05-0,005	19	13,00-51,37	37,70			
< 0,005	19	10,70-31,76	22,72				
Коэффициент сжимаемости, 1/МПа	7	0,220-0,562	0,363	0,115			
Компрессионный модуль деформации (в ест. сост.), МПа	7	1,8-4,5	3,0	0,988			

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент внутреннего трения (в вод. сост.)	6	0,24-0,27	0,26	0,010	0,040		
Угол внутреннего трения (в вод. сост.), градус	6	13-15	15			14	14
Удельное сцепление (в вод. сост.), кПа	6	15-19	17	1,472	0,090	16	16

Нормативные и расчетные значения характеристик суглинка мягкопластичного приняты по лабораторным данным, обработанным методами матстатистики, и приведены в таблице 1.8. Модуль деформации принят по результатам компрессионных испытаний с учетом коэффициента $m_k = 4,2$ (таблица 5.1 [53]).

ИГЭ 2 – суглинок слабольдистый пластичномерзлый (IaQ_{III-IV}). Суглинок коричневый пластичномерзлый, льдистый, криотекстура от массивной, до тонкошлировой среднеслоистой, редко частослоистая, местами с тонкими прослойками песка серовато-коричневого, мощностью 1,0-2,0 см, с единичными включениями гравия и гальки. Суглинок встречен на отдельных участках трасс, а также в северо-восточной и юго-восточной части площадки на глубине 0,3-2,6 м, мощность 0,4-2,8 м.

Показатели физических и теплофизических свойств грунта (ИГЭ 2) приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5 Показатели физических и теплофизических свойств суглинка слабольдистого пластичномерзлого (IaQ_{III-IV}) ИГЭ 2

Характеристика грунта	Количество определений	Интервал значений	Нормативное значение	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Расчетные значения	
						0,85	0,95
1	2	3	4	5	6	7	8
Суммарная влажность, д.ед.	10	0,261-0,401	0,331	0,048	0,145		
Влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, д.ед.	10	0,095-0,127	0,107	0,010	0,093		

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Влажность мерзлого грунта между включениями льда, д.ед.	10	0,132-0,177	0,154	0,022	0,143		
Влажность мерзлого грунта за счет порового льда, д.ед.	10	0,017-0,070	0,047				
Влажность мерзлого грунта за счет линз прослоев льда, д.ед.	10	0,128-0,224	0,177				
Суммарная льдистость, д.ед.	10	0,248-0,402	0,333	0,050	0,149		
Льдистость за счет видимых включений льда, д.ед.	10	0,215-0,314	0,269	0,040	0,149		
Льдистость за счет льда-цемента, д.ед.	10	0,025-0,094	0,064				
Теплота таяния, Дж/м ³	10	74638-121438	100262	14984	0,149		
Плотность, г/см ³	10	1,67-1,93	1,80	0,089	0,049	1,77	1,75
Плотность частиц грунта, г/см ³	10	2,67-2,73	2,70	0,019	0,007		
Плотность сухого грунта, г/см ³	10	1,19-1,53	1,36	0,110	0,081		
Пористость, %	10	43,94-55,26	49,70	3,774	0,076		
Коэффициент пористости	10	0,784-1,235	0,998	0,149	0,149		
Степень заполнения объема пор грунта льдом и незамерзшей водой, д.е.	10	0,362-0,495	0,988	0,429	0,100		
Влажность на границе текучести, д.ед.	10	0,225-0,323	0,272	0,033	0,122		
Влажность на границе раскатывания, д.ед.	10	0,119-0,177	0,149	0,022	0,146		
Число пластичности, д.ед.	10	0,095-0,167	0,123				
Показатель текучести, д.ед.	10	>1	>1				

Продолжение таблицы 1.5

1		2	3	4	5	6	7	8
Гранулометрический состав по фракциям в мм, %	20-10	10	0,00-1,86	0,19				
	10-5	10	0,00-1,52	0,15				
	5-2	10	0,00-2,00	0,20				
	>2	10	0,00-5,38	0,54				
	2-1	10	0,00-7,05	0,71				
	1-0,5	10	0,15-3,63	1,19				
	0,5-0,25	10	1,60-8,20	3,92				
	0,25-0,1	10	10,89-20,15	15,34				
	0,1-0,05	10	10,11-25,80	18,26				
	0,05-0,005	10	22,47-43,67	34,68				
	<0,005	10	13,50-35,11	25,36				

Нормативные характеристики песка (ИГЭ 4) приняты по лабораторным данным и приведены в табл. 1.9.

ИГЭ 3 – суглинок тугопластичный (g, gmQ_1). Суглинок тяжелый пылеватый, легкий песчанистый темно-серый тугопластичный, местами с прослоями глины тугопластичной и прослоями песка мелкого малой степени водонасыщения, мощностью до 2 см, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава слабоокатанных, размером до 1,5–5,0 см, до 5–10%. Суглинок встречен в местах распространения таликов по трассам и в западной части площадки на глубине 1,0-7,7 м, мощность 0,5-11,0 м.

Показатели физико-механических свойств суглинка тугопластичного (ИГЭ 3) приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6 Показатели физико-механических свойств суглинка тугопластичного (g, gmQ_I), ИГЭ 3

Характеристика грунта	Количество определений	Интервал значений	Нормативное значение	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Расчетные значения	
						0,85	0,95
1	2	3	4	5	6	7	8
Природная влажность, д. ед.	31	0,164-0,251	0,202	0,021	0,104		
Влажность на границе текучести, д. ед.	31	0,219-0,359	0,291	0,034	0,117		
Влажность на границе раскатывания, д. ед.	31	0,122-0,179	0,142	0,014	0,099		
Число пластичности, д. ед.	31	0,104-0,194	0,149	0,022	0,148		
Показатель текучести, д. ед.	28	0,252-0,483	0,408				
	3	0,702-0,745					
Плотность, г/см ³	31	1,97-2,11	2,06	0,038	0,018	2,05	2,05
Плотность частиц грунта, г/см ³	31	2,69-2,74	2,71	0,010	0,004		
Плотность сухого грунта, г/см ³	31	1,59-1,82	1,72	0,056	0,033		
Пористость, %	31	32,86-41,52	36,75	2,166	0,059		
Коэффициент пористости	31	0,489-0,710	0,583	0,055	0,094		
Коэффициент водонасыщения, д.ед.	31	0,828-1,016	0,939	0,040	0,043		
Гранулометрический состав по фракциям в мм, %	>10	31	0,00-1,97	0,09			
	10-5	31	0,00-4,42	0,25			
	5-2	31	0,00-3,14	0,24			
	>2	31	0,00-8,33	0,58			
	2,0-1,0	31	0,00-3,14	0,20			
	1,0-0,5	31	0,05-0,80	0,38			
	0,50-0,25	31	1,50-5,30	2,70			
	0,25-0,10	31	11,76-34,00	18,79			
	0,10-0,05	31	6,45-23,05	15,00			
	0,05-0,005	31	26,40-45,26	37,67			
< 0,005	31	10,71-36,08	24,68				
Коэффициент сжимаемости, 1/МПа	12	0,172-0,297	0,225	0,037	0,160		
Компрессионный модуль деформации (в ест. сост.), МПа	12	3,2-5,3	4,2	0,579	0,140		
Коэффициент внутреннего трения (в вод. сост.)	12	0,24-0,40	0,29	0,042	0,140		

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Угол внутреннего трения (в вод. сост.), градус	12	13-22	17	2,355	0,140	16	15
Удельное сцепление (в вод. сост.), кПа	12	15-44	30	8,058	0,270	27	26

Нормативные значения характеристик приняты по лабораторным данным, обработанным методом матстатистики. Нормативные и расчетные характеристики приведены в табл. 1.8. Модуль деформации принят по результатам компрессионных испытаний с учетом коэффициента $m_k = 4,7$ (табл. 5.1 [53]).

ИГЭ 4 – суглинок слабольдистый пластичномерзлый (g, gmQ_I). Суглинок серый, темно-серый пластичномерзлый, слабольдистый, криогенная текстура тонко- и среднешлировая средне- и редкослоистая, иногда толстошлировая, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава слабоокатанных, размером 0,5-5,0 см, до 5-10%, местами с тонкими прослойками песка. Суглинок встречен в северо-восточной части площадки глубине 0,3-12,0 м, мощность 3,0-13,4 м.

Показатели физических и теплофизических свойств грунта (ИГЭ 2) приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7 Показатели физических и теплофизических свойств суглинка слабольдистого пластичномерзлого (g, gmQ_I) ИГЭ 4

Характеристика грунта	Количество определений	Интервал значений	Нормативное значение	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Расчетные значения	
						0,85	0,95
1	2	3	4	5	6	7	8
Суммарная влажность, д.ед.	27	0,173-0,308	0,247	0,034	0,138		
Влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, д.ед.	27	0,007-0,185	0,117	0,051			
Влажность мерзлого грунта между включениями льда, д.ед.	27	0,136-0,191	0,160	0,019	0,119		
Влажность мерзлого грунта за счет порового льда, д.ед.	27	0,002-0,149	0,043				

Продолжение таблицы 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8
Влажность мерзлого грунта за счет линз прослоев льда, д.ед.	27	0,015-0,125	0,087				
Суммарная льдистость, д.ед.	27	0,040-0,386	0,226	0,090			
Льдистость за счет видимых включений льда, д.ед.	27	0,031-0,200	0,151	0,045			
Льдистость за счет льда-цемента, д.ед.	27	0,006-0,243	0,075				
Теплота таяния, Дж/м ³	27	12030-116120	68172				
Плотность, г/см ³	27	1,80-2,08	1,97	0,078	0,040	1,95	1,94
Плотность частиц грунта, г/см ³	27	2,69-2,73	2,71	0,010	0,004		
Плотность сухого грунта, г/см ³	27	1,38-1,71	1,58	0,098	0,062		
Пористость, %	27	37,38-48,84	41,61	3,470	0,083		
Коэффициент пористости	27	0,597-0,946	0,719	0,107	0,149		
Степень заполнения объема пор грунта льдом и незамерзшей водой, д.е.	27	0,484-0,796	0,628	0,089	0,142		
Влажность на границе текучести, д.ед.	27	0,267-0,343	0,303	0,016	0,052		
Влажность на границе раскатывания, д.ед.	27	0,131-0,177	0,147	0,012	0,080	0,144	0,143
Число пластичности, д.ед.	27	0,131-0,166	0,156				
Показатель текучести, д.ед.	1	0,213					
	6	0,279-0,452					
	10	0,509-0,714	0,651				
	9	0,789-0,946					
	1	>1					
Степень засоленности, %	3	0,047-0,050					

Продолжение таблицы 1.7

1		2	3	4	5	6	7	8
Гранулометрический состав по фракциям в мм, %	20-10	27	0,00-0,15	0,01				
	10-5	27	0,00-4,15	0,39				
	5-2	27	0,00-2,89	0,15				
	>2	27	0,00-4,30	0,55				
	2-1	27	0,00-1,25	0,06				
	1-0,5	27	0,15-0,70	0,39				
	0,5-0,25	27	1,75-5,85	2,63				
	0,25-0,1	27	13,05-23,60	16,21				
	0,1-0,05	27	7,04-22,51	14,78				
	0,05-0,005	27	35,96-45,26	39,61				
	<0,005	27	21,06-34,94	25,77				

Нормативные характеристики суглинка (ИГЭ 4) приняты по лабораторным данным и приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.8 Таблица нормативных и расчетных значений характеристик талых грунтов

№ п/п	Наименование ИГЭ	Нормативные значения характеристик грунтов			Расчетные значения характеристик грунтов											
		Плотность грунта, г/см ³	Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град	Для расчетов по деформациям							Для расчетов по несущей способности				Модуль деформации, МПа
					Коэффициент надежности по грунту	Плотность грунта, г/см ³	Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град	Коэффициент К, зависящий от метода определения расчетных характеристик грунта	Показатель текучести для выбора коэффициентов условий работы	Коэффициент надежности по грунту	Плотность грунта, г/см ³	Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град		
1.	Суглинок мягкопластичный (laQ_{III-IV}), ИГЭ 1	1,96*	17*	15*	-	1,94	16	14	1,0	>0,5	-	1,93	16	14	13**	
2.	Суглинок тугопластичный ($g.gmQ_I$), ИГЭ 3	2,06*	30*	17*	-	2,05	27	16	1,0	<0,5	-	2,05	26	15	20**	

Примечание: * – значения характеристик грунтов приняты по лабораторным определениям;

** – модуль деформации принят по результатам лабораторных данных с учетом корректировочного коэффициента m_k по табл. 5.1 [53];

Таблица 1.9 Таблица нормативных и расчетных значений характеристик многолетнемерзлых грунтов

№ п /п	Наименование ИГЭ	Суммарная влажность мерзлого грунта, W_{tot} , д.ед.	Влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, W_w , д.ед.	Влажность мерзлого грунта, между включениями льда, W_m , д.ед.	Суммарная льдистость мерзлого грунта I_{tot} , д.ед.	Льдистость мерзлого грунта за счет видимых включений льда, i_i	Теплопроводность, λ_f , ккал/(м ч °С)	Объемная теплоемкость C_f , ккал/(м ³ °С)	Теплота таяния, L_v , Дж/м ³	Плотность грунта, ρ , г/см ³			Расчетные давления на мерзлые грунты, R под нижним концом сваи, кПа (длина сваи 10м)	Расчетные сопротивления мерзлых грунтов и грунтовых растворов сдвигу по поверхности смерзания R_{sk} , кПа	Расчетные сопротивления мерзлых грунтов сдвигу по грунту или грунтовому раствору, R_{sh} , кПа
										Нормативное значение	Расчетное значение при $\alpha=0,95$	Расчетное значение при $\alpha=0,85$			
1	Суглинок льдистый (laQ_{III-IV}), ИГЭ 2	0,331*	0,107	0,154*	0,333 ¹	0,269 ¹	1,45 ²	540 ²	100262 ³	1,80*	1,77	1,75	550 ⁴	54 ⁵	80 ⁶
2	Суглинок слабольдистый (g, gmQ_I), ИГЭ 4	0,247*	0,117	0,160*	0,226 ¹	0,151 ¹	1,45 ²	560 ²	68172 ³	1,97*	1,95	1,94	850 ⁴	60 ⁵	80 ⁶

Примечание: ¹ – суммарная льдистость и льдистость грунта за счет видимых ледяных включений определены согласно ГОСТ 25100-2012 [20];

² – теплопроводность и объемная теплоемкость мерзлого грунта приняты согласно приложению Б СП 25.133330.2012 [80];

³ – теплота таяния грунта определена согласно приложению Б СП 25.133330.2012 [80];

⁴ – расчетное давление на мерзлые грунты под нижним концом сваи приведено согласно таблице В.1 приложения В СП 25.133330.2012 [80];

⁵ – расчетные сопротивления мерзлых грунтов и грунтовых растворов сдвигу по поверхности смерзания приведены согласно таблице В.3 приложения В СП 25.133330.2012 [80];

⁶ – расчетные сопротивления мерзлых грунтов сдвигу по грунту или грунтовому раствору приведены согласно таблице В.4 приложения В СП 25.133330.2012 [80];

* – значения характеристик грунтов приведены по лабораторным данным.

1.5 Специфические грунты

Участок изысканий находится в районе распространения многолетнемерзлых пород, которые широко распространены на исследуемой территории.

Грунт многолетнемерзлый (синоним – грунт вечномерзлый) – грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех лет и более.

ММП встречены в восточной части проектируемой площадки куста скважин № 16 на глубинах 1,25–12,0 м, мощность 3,0–13,8 м. Так же ММП встречены на следующих участках трасс:

– по трассе ВЛ 10 кВ (2-я линия) встречены на участках ПК0 – ПК0+50, ПК1+05 – ПК1+95, ПК2+05 – ПК2+70, ПК3+50 – ПК5+45, ПК5+85 – ПК6+45, ПК6+75 – ПК8+25, ПК9+25 – ПК12+80, ПК13+85 – ПК15+40, ПК15+90 – ПК16+30, на глубинах 1,25–3,3 м, вскрытая мощность 8,7–13,8 м;

– по трассе автодороги ММП встречены практически по всей трассе (за исключением участков развития таликов в ложбинах) на ПК0 – ПК2+75, ПК2+85 – ПК3+20, ПК3+65 – ПК5+40, ПК5+75 – ПК12+10, ПК15+40 – ПК15+70 (к. тр.), на глубинах 1,25–12,0, вскрытая мощность 3,0–13,8 м.

– по трассе НГСК ММП встречены практически по всей трассе (за исключением участков развития таликов в ложбин) на ПК0 – ПК6+05, ПК6+50 – ПК8+05, ПК8+50 – ПК8+95, ПК9+20 – ПК14+80 (к. тр.), на глубинах 1,25–3,4 м, вскрытая мощность мерзлых грунтов по трассе НГСК 8,6–13,8 м.

Определяющим фактором местоположения таликов является наличие водотоков и геоботанический признак, т. к. на таких участках, как правило, растет стланник ивы. Границы распространения и глубины залегания отражены на картах инженерно-геокриологических условий (черт. 10040-027,028_919-ИГ-2.1,2.2).

Многолетнемерзлые грунты, распространенные на участке изысканий, по своим температурно-прочностным свойствам относятся к пластичномерзлым. По содержанию ледяных включений распространены как льдистые грунты, так и слабольдистые. Грунты озерно-аллювиального генезиса, как правило, оказались

льдистыми со среднеслоистой, местами частослоистой тонко- и среднешлировой криотекстурой. Грунты ледникового и ледниково-морского происхождения по содержанию ледяных включений относятся к слабольшедистым со средне- и редкослоистой тонко- и среднешлировой криотекстурой. Свойства грунтов приведены в главе 1.4.

1.6 Геологические и инженерно-геологические процессы

Участок изысканий расположен в южной части Ненецкого автономного округа Архангельской области, в пределах Харьягинского нефтяного месторождения.

Проявление современных экзогенных процессов в значительной степени обусловлено геоморфологическими и климатическими особенностями, геологическим строением района.

Среди инженерно-геологических процессов и явлений, негативно влияющих на инженерно-геологическую обстановку на участке изысканий, при инженерно-геологических изысканиях выявлены процессы подтопления.

Под подтоплением понимается процесс подъема уровня грунтовых вод выше некоторого критического положения, а также формирования верховодки и (или) техногенного водоносного горизонта, приводящий к ухудшению инженерно-геологических условий территории строительства, агро-мелиоративной и экологической обстановки. Подтопление обусловлено превышением приходных статей водного баланса над расходными под влиянием комплекса природных и техногенных факторов.

По характеру подтопления подземными водами согласно пп. 2.94÷2.101 [53] в пределах изыскиваемых трасс и площадки выделены участки подтопленные и потенциально подтопляемые.

Подтопленные участки встречены на площадке куста скважин № 16 и по трассам:

– в западной части площадки куста № 16;

– по трассе ВЛ 10 кВ (2-я линия от ф. 5) подземные воды встречены на следующих участках ПК0+15 – ПК0+85, ПК1+85 – ПК2+15, ПК2+70 – ПК5+90, ПК6+30 – ПК6+75, ПК8+30 – ПК9+30, ПК11 – ПК13+85, ПК15+40 – ПК15+85, ПК16+40 – ПК16+72 (к. тр.);

– по трассе НГСК подземные воды встречены на участках ПК2 – ПК4+30, ПК6+20 – ПК6+50, ПК8+25 – ПК9+15, ПК9+60 – ПК11;

– по трассе автодороги подземные воды встречены на участках ПК0 – ПК2+15, ПК2+70 – ПК3+50, ПК5+40 – ПК5+75, ПК7+70 – ПК10, ПК12+30 – ПК15.

Остальная территория относится к потенциально подтопляемой.

Границы распространения подтопленных и потенциально подтопляемых участков отражены на картах инженерно-геологического районирования (черт. 10040-003,004_919-ИГ-3.1,3.2).

По степени потенциальной подтопляемости согласно п.п.2.94÷2.101 и табл. 33 [53] изыскиваемая площадка относится к I типу.

При проектировании и строительстве на подтопленных участках рекомендуется провести следующие мероприятия: организация поверхностного стока, создание надежной системы водоотведения, общее водопонижение, рекультивацию всего нарушенного растительного покрова, методы борьбы с утечками и т. д.

Согласно приложению Б ГОСТ 22-01-95 [26] категория опасности по площадной пораженности территории подтоплением – опасная.

По степени морозоопасности глинистые грунты согласно табл. Б.27 ГОСТ 25100-2012 [22], в пределах глубины сезонного промерзания относятся к сильнопучинистым как на проектируемой площадке куста № 16, так и по трассам.

При проектировании необходимо предусмотреть, что при нарушении поверхностных условий возникающие процессы пучения и осадки происходят по площади неравномерно, поэтому представляют определенную опасность для любого вида строительства.

По трассам проектируемых автодорог по степени увлажнения глинистые грунты относятся к переувлажненным грунтам.

Согласно СП 34.13330.2012 [82] проектируемые трассы автодорог относятся к I дорожно-климатической зоне.

По условиям увлажнения и мерзлотно-грунтовым особенностям, согласно СП 34.13330.2012 [82], местность относится в основном ко второму типу, за исключением участков ложбин ПК2+70 – ПК2+85, ПК3+20 – ПК3+50, ПК5+25 – ПК5+70, где местность относится к третьему типу.

По степени пучинистости при замерзании, согласно СП 34.13330.2012 [82], по трассам проектируемых автодорог суглинки являются сильнопучинистыми (IV группа).

Согласно приложению Л СП 11-105-97 часть I [75] участок изысканий относится к зоне несплошного распространения вечномерзлых пород. По материалам более детального районирования, полученного при инженерно-геологической съемке 1991 г район работ расположен в подрайоне сплошного и прерывистого распространения ММГ, с преимущественным развитием процессов пучения и образования пятен медальонов и процессов заболачивания.

Район работ согласно СНиП 23-01-99* [72] относится к ID строительному климатическому району.

В соответствии с картами А, В, С общего сейсмического районирования (ОСР-97) [69] участок изысканий характеризуется сейсмичностью до 5 баллов, что является неопасным для строительства проектируемых площадок.

Согласно приложению Б СП 11-105-97 [78], категория сложности инженерно-геологических условий проектируемых площадок, по совокупности факторов – II (средней сложности): на исследуемой территории встречено не более четырех различных по литологии слоев, отмечена незначительная изменчивость льдистости и других свойств грунтов по простиранию и глубине, горизонты надмерзлотных грунтовых вод приурочены к таликам и слою сезонного оттаивания, инженерно-геологические и геокриологические процессы не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений.

1.7 Геокриологические условия

Современное состояние геокриологической обстановки данного региона обусловлено комплексным воздействием зональных, региональных и локальных (местных) факторов и условий, различные сочетания которых определили пространственную изменчивость основных параметров многолетнемерзлых пород.

Согласно приложению Л СП 11-105-97 [75] участок изысканий относится к зоне несплошного распространения вечномерзлых пород. По материалам более детального районирования район работ расположен в подрайоне сплошного и прерывистого распространения ММГ.

Многолетнемерзлые грунты широко распространены на участке изысканий, они вскрыты на глубинах от 1,25 м до 12,0 м, мощность в пределах глубины изысканий колеблется в пределах от 13,0 м до 3,0 м. На территории изысканий так же имеются таликовые зоны – это, как правило, ложбины с временными водотоками и низины рельефа. По данным рекогносцировочного обследования, для таких мест характерна менее угнетенная растительность – заросли ивняка (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2. Рельеф и растительность района изысканий

Температурный режим мерзлых пород формируется под влиянием температуры воздуха, рельефа местности, характера снежного покрова, растительного слоя, а также состава и свойств слоя сезонного оттаивания.

При бурении инженерно-геологических скважин проводились замеры температуры грунтов на глубину до 11 м аппаратурой, разработанной в ПНИИИС, согласно ГОСТ 25358-82 [13].

Температуры грунтов, измеренные в скважинах, приведены в приложении 5,9-5,10. За среднегодовую температуру грунта принята температура грунта на глубине 10 м, согласно п. Г.7 приложения Г СП 25.13330.2012 [80]. Среднегодовая температура грунтов изменяется от минус 1,1°С до минус 0,2°С, в среднем она равна минус 0,6°С.

Температура начала замерзания определена согласно приложению Б СП 25.13330.2012 [80]. По степени засоленности морские и ледниково-морские суглинки относятся к незасоленным, при содержании легкорастворимых солей до 0,050 %. Концентрация порового раствора определена согласно приложению Б СП 25.13330.2012 [80] и изменяется в пределах 0,002–0,003 д. ед.. Таким образом, температура начала замерзания для суглинков составила минус 0,3°С.

По температурно-прочностному состоянию глинистые грунты на участке изысканий относятся к пластичномерзлым.

Грунты, слагающие участок работ, относятся к сильнопучинистым.

Сезонное оттаивание и промерзание грунтов участка зависит не только от радиационно-теплового баланса, но и от их литологического состава, типа растительности, наличия снежного покрова и его мощности.

Нормативная глубина сезонного оттаивания, рассчитанная согласно приложению Г СП 25.13330.2012 [80], составляет для суглинков льдистых и слабольдистых – 1,25 м.

Интенсивность промерзания зависит также и от температурного режима многолетнемерзлых пород: на участках распространения низкотемпературных пород промерзание более интенсивное, т.к. происходит оно одновременно сверху и снизу.

В слое сезонного оттаивания находятся озерно-аллювиальные и ледниково-морские суглинки.

Нормативная глубина сезонного промерзания, рассчитанная согласно приложению Г СП 25.13330.2012 [80], составляет для суглинков – 2,05 м.

Многолетнемерзлые породы представлены теми же грунтами ниже нормативной глубины сезонного оттаивания.

Содержание льдистости за счет ледяных включений в озерно-аллювиальных суглинках изменяется от 0,214 до 0,314 д.е., по содержанию ледяных включений относятся к льдистым грунтам. Суммарная влажность суглинков в среднем равна 0,331 д.е. Криогенная текстура льдистых суглинков изменяется от массивной до среднеслоистой, местами частослоистой тонко- и среднешлировой.

Ледниковые и ледниково-морские суглинки по содержанию ледяных включений относятся к слабольдистым. Льдистость за счет видимых ледяных включений изменяется в пределах от 0,030 до 0,199 д.е. Криогенная текстура суглинков слабольдистых средне- и редкослоистая, тонко- и среднешлировая (рисунок 1.3). С глубиной расстояние между шлирами и толщина шлир увеличивается. Суммарная влажность слабольдистых суглинков составляет в среднем 0,247 д.е.



Рисунок 1.3. Криогенная текстура ледниково-морских суглинков

При хозяйственном освоении территории происходит нарушение снежного и растительного покрова, их частичное или полное удаление, меняется альbedo поверхности. При возведении насыпи на площадках изменятся условия теплообмена. Таким образом, естественная динамика природных факторов и хозяйственная деятельность человека приведут к изменению температурного режима и мощностей СТС и СМС. При этом возникает вероятность формирования новообразований мерзлоты (бугры пучения) и талых прослоев. Промерзание талых грунтов приведет к выпучиванию свай, повышение температуры ММП - к снижению несущей способности основания, оттаивание ММП - к сверхнормативным осадкам фундаментов или к полной потере несущей способности основания. В случае нарушения поверхностных условий, возникающие процессы пучения и осадки происходят по площади неравномерно, поэтому представляют определенную опасность для любого вида строительства.

Следует отметить, что в случае нарушения естественных условий (снятие почвенно-растительного слоя, вырубка кустарника и т.п.) произойдет деградация кровли ММГ и изменение мощности СТС, что необходимо будет учитывать при проектировании сооружений.

Для уменьшения последствий техногенного воздействия на геокриологические условия рекомендуется:

- проведение рекультивации в полосе отвода нефтепровода;
- сохранение многолетнемерзлого состояния на участках развития многолетнемерзлых грунтов с целью предотвращения осадок путем надземной прокладки нефтепровода для избегания отепляющего действия;
- предусмотреть устройство холодных (вентилируемых) подполий площадных сооружений или сезоннодействующие охлаждающие устройства;
- предусмотреть мероприятия, обеспечивающие сохранение расчетного теплового режима грунтов основания в процессе строительства и эксплуатации, например, промежутки между свайными опорами в летнее время наглухо закрыть щитами, а зимой открыть для промораживания основания и понижения среднегодовой температуры.

В связи с широким распространением многолетнемерзлых грунтов в пределах исследуемой территории рекомендуется проектирование вести по I принципу использования вечноммерзлых грунтов.

1.8 Районирование территории

Разработка модели «сооружение – геологическая среда»

Задача районирования: выбор экономически обоснованного принципа строительства на участках распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), а также выделение участков с распространением талых грунтов и прогнозирование изменения свойств грунтов на таких участках при загрязнении их углеводородами.

При строительстве на многолетнемерзлых грунтах в зависимости от инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправленного изменения свойств грунтов основания применяется один из следующих принципов использования ММГ в качестве основания:

- принцип I – ММГ основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течении всего периода эксплуатации;
- принцип II – ММГ используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения).

Принцип I следует применить, если грунты основания можно сохранить в мерзлом состоянии при экономически целесообразных затратах на мероприятия, обеспечивающие сохранение такого состояния.

На площадках надлежит предусматривать, как правило, один принцип использования ММГ в качестве основания. Линейные сооружения допускается проектировать с применением на отдельных участках трассы разных принципов строительства, при этом следует предусматривать меры по приспособлению их конструкций к неравномерным деформациям основания в местах перехода от одного участка к другому п. 6.1 СП 25.13330.2012 [80].

Т.к. низкотемпературные многолетнемерзлые грунты являются более устойчивыми к деформациям, участки с распространением таких грунтов были приняты за *I эталонный участок*. Такие грунты, как правило, находятся в твердомерзлом температурно-прочностном состоянии.

За *II эталонный участок* принят участок с развитием таликов, т.к. он менее устойчив к деформациям. В основании сооружений находятся талые грунты, которые представлены суглинками мягкопластичной и тугопластичной консистенции.

Выбор и обоснование классификационного признака

На территории изысканий распространены участки, на которых осуществляется переход от ММГ к таликовой зоне. Как правило, грунты на таких участках являются пластичномерзлыми и являются менее устойчивыми к деформациям.

Таким образом, за геологический признак, оказывающий существенное влияние на устойчивость сооружений, была принята глубина кровли ММГ.

К *I эталонному участку* отнесены территории, на которых ММГ встречены с поверхности и с глубиной кровли до 1,0 м на всю мощность изысканий. Ко *II эталонному участку* отнесены территории, на которых встречены только талые грунты на всю глубину изысканий. Составлена выборка по геологическому признаку «глубина кровли ММГ» (таблица 1.10).

Таблица 1.10 – Выборка по геологическому признаку «глубина кровли ММГ»

№ скважины	Глубина кровли ММГ, м		№ скважины	Глубина кровли ММГ, м	
	I	II		I	II
1	2	3	4	5	6
18a	-	>12,0	45	-	>15,0
19	-	>12,0	46	-	>15,0
23	0,8	-	47	-	>15,0
26	0,0	-	48	-	>15,0

Продолжение таблицы 1.10

1	2	3	4	5	6
30	0,8	-	49	-	>15,0
28	-	>12,0	50	-	>12,0
29	-	>15,0	51	-	>12,0
31	0,0	-	52	-	>12,0
32	0,0	-	1	-	>12,0
33	-	>15,0	3	-	>12,0
34	0,8	-	4a	-	>12,0
35	0,8	-	6a	-	>12,0
39	0,8	-	17	-	>12,0
42	-	>15,0	186	-	>12,0
43	0,0	-	18	0,0	-
44	1,0	-	-	-	-

*Примечание: Глубина изысканий 12,0-15,0 м, поэтому ко второму эталонному участку отнесены территории с глубиной залегания кровли ММГ > 12.0 и > 15.0 м.

Проставив на карте глубину кровли ММГ, мы можем оконтурить участки, относящиеся к I или II эталонному участку. Границы проводились исходя из геоботанического принципа, т.к. на участках распространения таликов по данным рекогносцировочного обследования и данным бурения, как правило, растут стланики ивы.

На карте (рисунок 1.4) штриховкой выделены участки, на которых глубина кровли ММГ колеблется от 1,2 до 10,0 м. Для того чтобы определить, к какому участку их отнести, используем формализованный (вероятностный) подход к оценке инженерно-геологических условий.

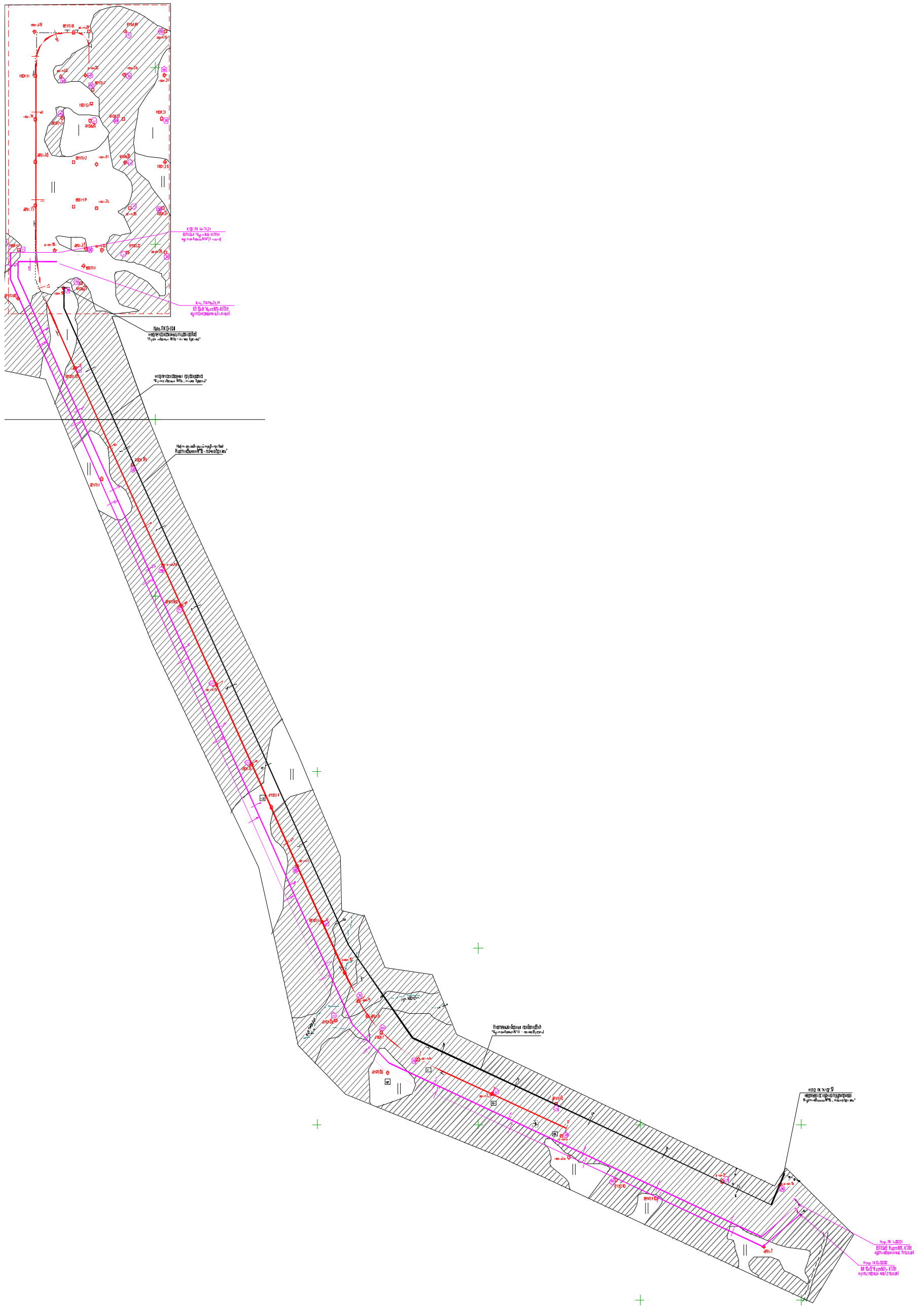


Рисунок 1.4. Карта-схема размещения эталонных участков, на которых сооружения находятся в устойчивом (I) и неустойчивом (II) состоянии.

Обоснование граничных значений классификационного признака

Для каждого исследуемого геологического признака находится интервальная вероятность P_i , под которой понимается вероятность, с которой точка наблюдения относится либо к первому эталонному участку (PI) либо ко второму (PII). Для этого выполняется следующая последовательность операций: рассчитывается длина интервала по наблюдениям для каждой из двух выборочных совокупностей, определяется частота попадания в эти интервалы наблюдений выборок I и II рассчитывается P_i (таблица 4.2). Это позволяет оценить геологические признаки через вероятность, т.е. формализовать инженерно-геологические условия.

В нашем случае размах выборки составляет:

$$R = X_{max} - X_{min} = 15 - 0 = 15$$

Число групп (интервал) рассчитаем по формуле Сеерджесса:

$$k = 1 + 3,322 \lg(n) = 1 + 3,322 \lg(25) \approx 5,6$$

Величина интервала составляет:

$$h = R/k = 15/5,6 \approx 3$$

Таблица 1.11 – Определение интервальной вероятности для эталонных участков по признаку «глубина кровли ММГ»

Интервал	Частота, m		Частость, m/n			интервальная вероятность	
	I	II	I	II	I+II	P^I_{α}	P^{II}_{α}
0-3	11	0	0,31	0,00	0,31	1,00	0,00
3-6	0	0	0,00	0,00	0,00	-	-
6-9	0	0	0,00	0,00	0,00	-	-
9-12	0	11	0,00	0,41	0,41	0,00	1,00
12-15	0	9	0,00	0,33	0,33	0,00	1,00
Итого	11	20	0,31	0,74	-	-	-

По значениям интервальных вероятностей каждого эталонного строится график (рисунок 1.5).

График вероятности отнесения точки опробования по признаку "глубина кровли ММГ" к эталонному участку I

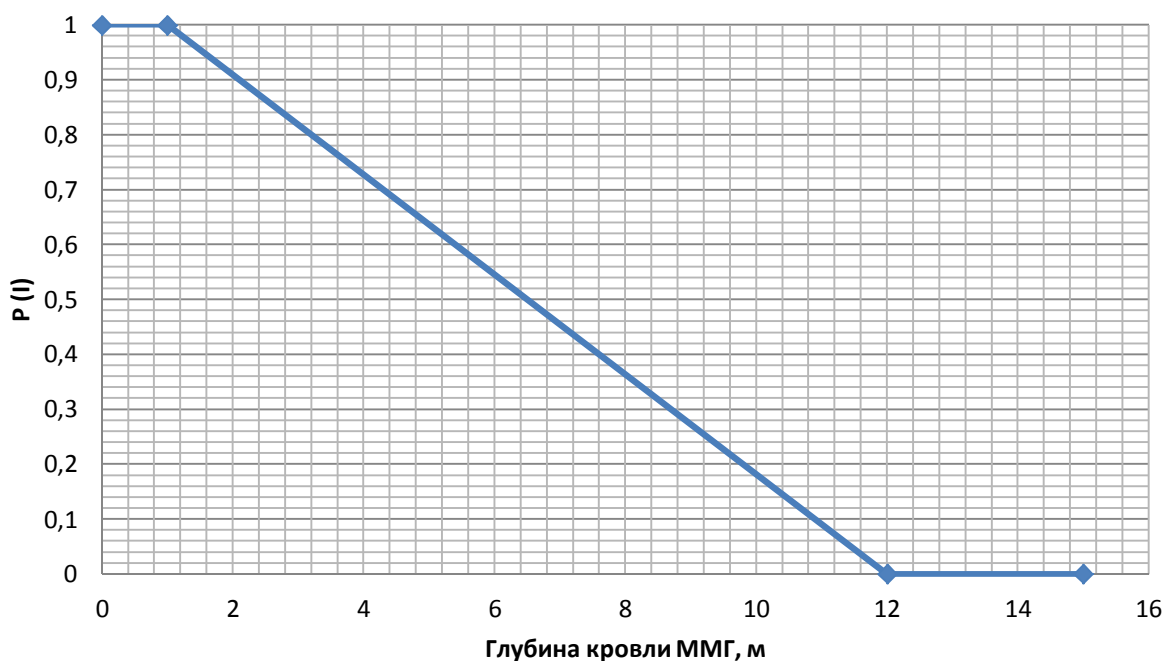


Рисунок 1.5. График вероятности отнесения точки опробования по признаку «глубина кровли ММГ» к эталонному участку I

Затем используя экспериментальные данные для признаков и полученные графики, определяли вероятности определения к эталонному участку I. Таким образом, были вычислены величины классификационных показателей для глубины залегания кровли ММГ (таблица 1.12).

Таблица 1.12. Определение вероятности отнесения каждой точки опробования к эталонному участку I.

№ п/п	№ скважин	Глубина кровли ММГ, м	вероятность отнесения к участку I	№ п/п	№ скважин	Глубина кровли ММГ, м	вероятность отнесения к участку I	№ п/п	№ скважин	Глубина кровли ММГ, м	вероятность отнесения к участку I
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	18a	12,0	0,00	22	39	0,8	0,98	43	4	3,5	0,77
2	19	12,0	0,00	23	41	7,5	0,40	44	5	3,3	0,79

Продолжение таблицы 1.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	20	1,8	0,94	24	42	15,0	0,00	45	6	2,8	0,84
4	21	2,0	0,90	25	43	0,0	1,00	46	7	2,3	0,87
5	22	2,1	0,89	26	44	0,6	1,00	47	8	10,0	0,18
6	23	0,8	1,00	27	45	15,0	0,00	48	9	2,9	0,83
7	24	15,0	0,00	28	46	15,0	0,00	49	10	10,0	0,18
8	25	15,0	0,00	29	47	15,0	0,00	50	11	1,8	0,94
9	26	0,0	1,00	30	48	15,0	0,00	51	12	2,0	0,91
10	27	1,2	0,98	31	49	15,0	0,00	52	13	10,0	0,18
11	28	12,0	0,00	32	50	12,0	0,00	53	14	2,6	0,89
12	29	15,0	0,00	33	51	12,0	0,00	54	15	1,2	0,98
13	30	0,8	0,98	34	52	12,0	0,00	55	16a	2,5	0,87
14	31	0,0	1,00	35	1	12,0	0,00	56	16	2,6	0,86
15	32	0,0	1,00	36	3	12,0	0,00	57	17б	1,0	1,00
16	33	15,0	0,00	37	3a	3,0	0,82	58	18	0,0	1,00
17	34	0,8	0,98	38	4a	15,0	0,00	59	17a	2,0	0,91
18	35	0,8	0,98	39	6a	12,0	0,00	60	4б	3,4	0,78
19	36	12,0	0,00	40	8a	10,0	0,18	61	2	2,2	0,88
20	37	10,5	0,14	41	17	12,0	0,00	62	1a	2,4	0,88
21	38	1,5	0,96	42	18б	12,0	0,00	63	40	12,0	0,00

Граничные величины P_i , при которых происходит качественное изменение состояния объекта исследований, определяются и уточняются исходя из задач исследований. Разработана следующая модель районирования (таблица 1.13).

Таблица 1.13 – Модель районирования

Таксон	Состояние объекта	$P_{\text{общ}}$
I	Устойчивое	$>0,5$
II	Неустойчивое	$\leq 0,5$

Таким образом, точки опробования, в которых вероятности варьируют от 0 до 0,44, относятся к II эталонному участку. В частности, это скважины с глубиной залегания кровли ММГ 7,5-12,0 м (как видно из таблицы 1.13).

Точки опробования, в которых вероятности превышают 0,5, относятся к I эталонному участку. В частности, это скважины с глубиной залегания кровли ММГ 0,0-3,5 м.

На основании этого построена карта инженерно-геокриологического районирования (Графическое приложение 2).

Составление карты районирования и характеристика таксонов

В графических приложениях приведена карта инженерно-геокриологического районирования по устойчивости территории к деформациям, на которой выделено 2 таксона:

- I таксон – устойчивые к деформациям участки;
- II таксон – неустойчивые к деформациям участки.

Характеристика таксонов.

I. Участки с развитием ММП (глубина залегания кровли ММГ от 0 до 3,5 м). Территория характеризуется следующими инженерно-геологическими условиями:

- в геологическом строении участвует один стратиграфо-генетический комплекс: нижнечетвертичные ледниковые и ледниково-морские отложения (g, gmQ_I), перекрытые сверху верхнечетвертично-современными образованиями озерно-аллювиального происхождения (aQ_{III-IV});
- гидрогеологические условия характеризуются наличием надмерзлотных вод, приуроченных к озерно-аллювиальным глинистым грунтам с прослоями песка; глубина залегания менее 2,0 м;
- из активных геологических и инженерно-геологических процессов, встреченных на участке изысканий и приводящих к ухудшению условий, отмечен процесс подтопления - потенциально подтопляемая и подтопленная в естественных условиях;
- специфические грунты представлены ММГ.

II. Участки с распространением талых грунтов и ММГ с заглубленной кровлей ММГ (глубина залегания кровли ММГ - глубже 7,5 м). Территория характеризуется следующими инженерно-геологическими условиями:

- в геологическом строении участвует один стратиграфо-генетический комплекс: нижнечетвертичные ледниковые и ледниково-морские отложения (g, gmQ_I), перекрытые сверху верхнечетвертично-современными образованиями озерно-аллювиального происхождения (aQ_{III-IV});
- гидрогеологические условия характеризуются наличием водоносного горизонта, приуроченного к глинистым грунтам с прослоями песка, так же гидрогеологические условия осложняются наличием сырых участков в поймах временных водотоков;
- из активных геологических и инженерно-геологических процессов, встреченных на участке изысканий и приводящих к ухудшению условий, отмечены процессы подтопления (территория, постоянно подтопленная в естественных условиях) и морозного пучения грунтов.
- специфические грунты представлены ММГ, которые залегают на глубине 7,5 м и глубже.

Для участков, относящихся ко II таксону, на основании проведенной работы можно спрогнозировать прочностные свойства талых грунтов, при загрязнении их углеводородами.

2 Механизм агрегации частиц в глинах, жидкой компонентой которых являются углеводороды и вода

2.1 Состояние вопроса

В процессе исследований изменения прочностных свойств выявлена качественная оценка влияния углеводородов на изменение размера структурных элементов глин - с увеличением загрязнения глин углеводородами наблюдается их диспергация. Поэтому одним из защищаемых положений является исследование закономерностей агрегации частиц в глинистых грунтах, поровым раствором которых являются углеводороды и вода.

2.2 Методика исследований

Все лабораторные исследования грунтов проходили на базе лаборатории грунтоведения при Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Объект исследований: глина каолиновая, суглинки и супеси. Для проведения испытаний в качестве поровой жидкости были выбраны вода дистиллированная и масло моторное.

Подготовка образцов производилась следующим образом: в сухой порошкообразный грунт добавлялась дистиллированная вода (20 %) и масло моторное марки «ЛУКОЙЛ-МОТО 2Т» (МГД-14м) в концентрациях 1,5 %, 2,5 %, 4,5 % и 10 %. Затем полученная масса помещалась в эксикатор на 1 сутки. Далее определялся гранулометрический и микроагрегатный состав согласно методике ГОСТ 12536-79 [17].

Масло моторное марки «ЛУКОЙЛ-МОТО 2Т» (МГД-14м) имеет следующие физико-химические характеристики:

- вязкость кинематическая при 100 °С – 13,5-15,5 мм²/с;
- индекс вязкости – 90;
- температура вспышки в открытом тигле – 215 °С;
- температура застывания – минус 15 °С;

- общая щелочность – 2,0 мг КОН/1г;
- массовая доля сульфатной золы – 0,25 % масс;
- моющие свойства по ПЗВ – 0,5 баллов.

2.3 Результаты исследований

Количественная оценка процесса диспергирования и агрегирования частиц грунтов приведена по результатам лабораторных исследований, которые приведены в таблицах 2.1–2.3.

Таблица 2.1 – Изменение микроагрегатного состава глины при загрязнении их маслом моторным

Степень нефтяного загрязнения, %	Содержание микроагрегатов в каждой фракции, %								
	Песок				Итого песчаной фракции	Пыль		Итого пылеватой фракции	Глина <0,005
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05		0,05-0,01	0,01-0,005		
0,0	0,05	0,50	1,40	0,01	1,96	39,22	9,81	49,02	49,02
1,5	0,05	0,20	1,50	0,02	1,77	49,12	9,82	58,95	39,28
2,5	0,05	0,30	2,00	0,40	2,75	58,59	29,30	87,89	9,36
4,5	0,10	0,45	1,65	0,00	2,20	19,56	39,12	58,68	39,12
10,0	0,10	0,40	1,50	0,02	2,02	29,40	19,60	49,00	48,98

Таблица 2.2 – Изменение микроагрегатного состава суглинка при загрязнении его маслом моторным

Степень нефтяного загрязнения, %	Содержание микроагрегатов в каждой фракции, %								
	Песок				Итого песчаной фракции	Пыль		Итого пыле- ватой фракции	Глина <0,005
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05		0,05-0,01	0,01-0,005		
0,0	1,13	4,76	11,53	0,01	17,44	16,51	43,03	49,54	33,02
1,5	2,43	6,80	5,76	0,01	15,04	22,66	22,66	45,32	39,64
2,5	2,66	11,06	16,13	0,03	29,90	42,08	40,00	42,08	28,02
4,5	1,56	5,63	6,83	0,01	14,04	40,12	11,46	51,58	34,38
10,0	2,90	6,40	6,23	0,01	15,54	39,42	5,63	45,05	39,41

Таблица 2.3 – Изменение микроагрегатного состава супеси при загрязнении ее маслом моторным

Степень нефтяного загрязнения, %	Содержание микроагрегатов в каждой фракции, %								
	Песок				Итого песчаной фракции	Пыль		Итого пылеватой фракции	Глина <0,005
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05		0,05-0,01	0,01-0,005		
0,0	0,675	9,825	24,05	0,01	34,56	52,36	6,54	58,90	6,54
1,5	0,675	7,5	19,325	0,02	27,52	47,13	18,13	65,25	7,23
2,5	16,875	9,4	21,125	0,01	47,41	21,04	23,67	44,71	7,88
4,5	25,95	0,45	9,4	0,00	35,80	6,42	54,57	60,99	3,21
10,0	11,05	7,275	13,9	0,02	32,25	44,05	16,94	61,00	6,76

На рисунке 2.1 приведен график изменения микроагрегатного состава глины при загрязнении ее маслом моторным. Из рисунка 4.1 видно, что при увеличении в поровой жидкости грунта масла моторного (УВ) до 2,5 % наблюдается уменьшение содержания глинистой фракции. Это можно объяснить коагуляцией глинистых частиц, при увеличении же содержания УВ в грунте более 2,5 % содержание глинистой фракции увеличивается, что обусловлено, вероятно, процессом диспергации.

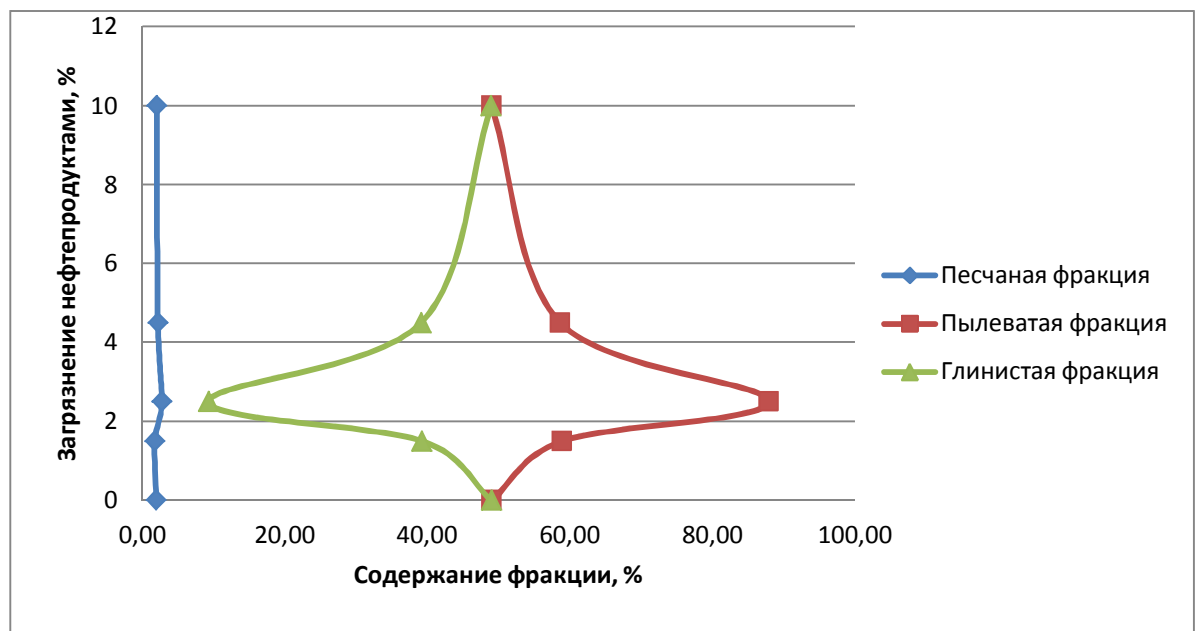


Рисунок 2.1. Изменение микроагрегатного состава глины при загрязнении их маслом моторным.

Изменение содержания в глинах пылеватой фракции не связано с процессами диспергации и агрегации, а обусловлено изменением содержания в

грунтах глинистой фракции. Так при концентрации УВ в глинах до 2,5 % содержание глинистой фракции в грунте падает на 39,66 % (от 49,02 % до 9,36 %), а пылевой соответственно возрастает на 38,87 % (от 49,02 % до 87,89 %). Содержание песчаной фракции не изменяется. Таким образом, при загрязнении глин углеводородами процессам диспергации и агрегации подвержена в основном глинистая фракция.

На рисунке 2.2 представлены данные по изменению микроагрегатного состава суглинка при загрязнении его маслом моторным. Из рисунка 2.2 видно, что при увеличении масла моторного (УВ) до 2,5 % в поровой жидкости грунта наблюдается коагуляция частиц глинистой и пылевой фракций, при увеличении же содержания УВ, более 2,5 % наоборот, протекает процесс диспергации, о чем свидетельствует изменения содержания этих фракций в грунтах.

Изменение содержания песчаной фракции обусловлено изменениями содержания глинистой и пылевой фракций. Так при концентрации УВ в суглинках до 2,5 % содержание глинистой и пылевой фракций в грунте снижается на 12,46 %, а песчаной соответственно возрастает также на 12,46 %. Таким образом, при загрязнении суглинков углеводородами процессам диспергации и агрегации затронуты в основном глинистая пылевая фракции.

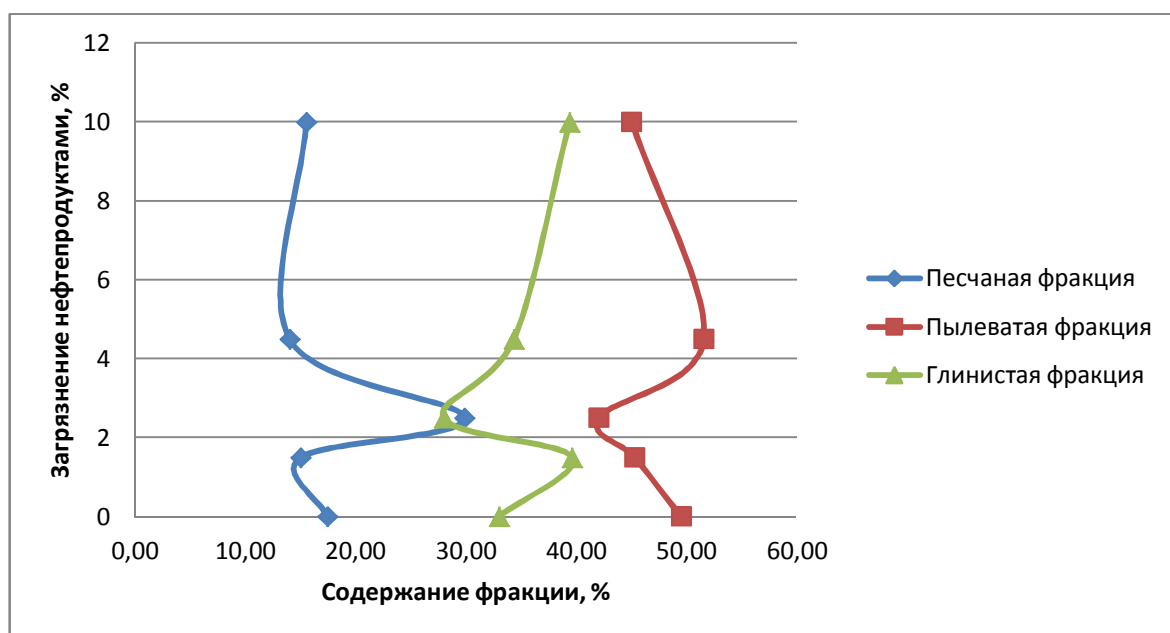


Рисунок 2.2. Изменение микроагрегатного состава суглинка при загрязнении его маслом моторным.

На рисунке 2.3 показаны изменения микроагрегатного состава супеси при загрязнении ее маслом моторным.

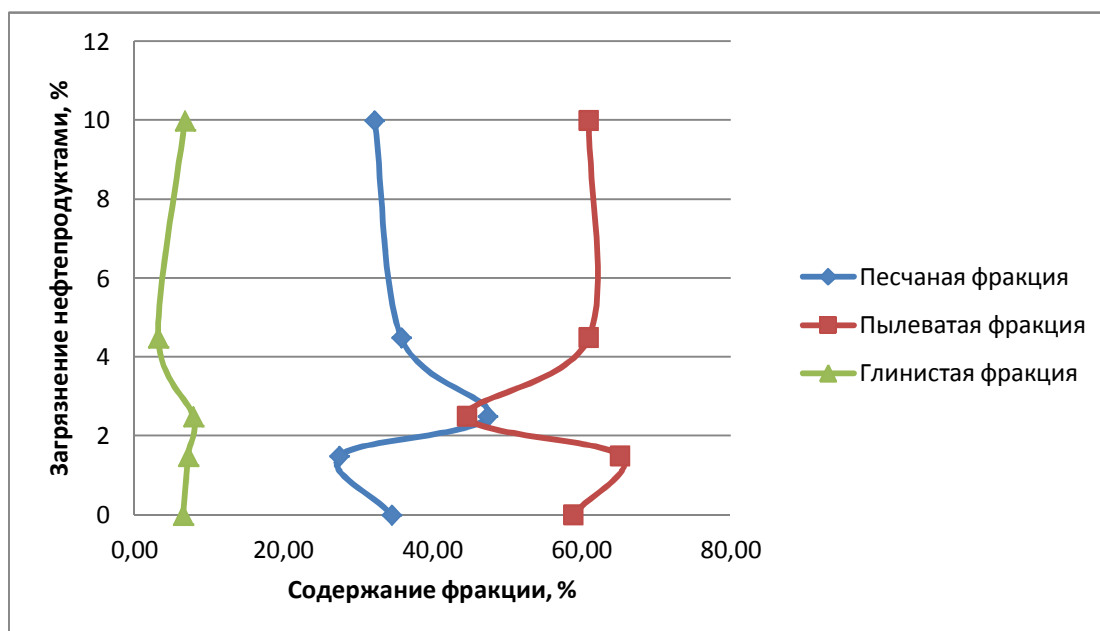


Рисунок 2.3. Изменение микроагрегатного состава супеси при загрязнении ее маслом моторным.

Из рисунка 2.3 видно, что при увеличении масла моторного (УВ) до 2,5 % наблюдается коагуляция частиц пылевой фракции, при увеличении же содержания УВ более 2,5 %, наоборот, протекает процесс диспергации, о чем свидетельствует изменения содержания этой фракции в грунтах.

Изменение содержания в супесях песчаной фракции обусловлено изменением содержания в грунтах пылевой фракции. Так при концентрации УВ в супесях до 2,5 % содержание пылевой фракции падает на 14,20 %, а песчаной соответственно возрастает на 12,85 %. Содержание глинистой фракции изменяется не значительно, на 1,30 %. Таким образом, при загрязнении супеси углеводородами процессам диспергации и агрегации подвержена в основном пылевая фракция.

В таблице 2.4 приведены данные по влиянию углеводородов на агрегированность частиц в грунтах. Из таблицы 2.4 видно, что в глинах агрегированию подвержена в основном глинистая фракция, в суглинках глинистая и пылевая, а супесях пылевая. При этом наиболее интенсивно процессы агрегации протекают в глинах. Это обусловлено, вероятно, величиной энергий на

поверхности частиц, глины имеют наибольшую энергию по сравнению суглинками и супесями.

Таблица 2.4 – Степень агрегации частиц

Номенклатура грунта	глина		суглинок		супесь	
	глинистая	пылеватая	глинистая	пылеватая	глинистая	пылеватая
Степень агрегации, %	39,60	-	5,02	7,50	1,20	14,20

Изменения агрегатного состава грунтов влечет за собой изменение их свойств. Таким образом, при загрязнении грунтов углеводородами следует ожидать наибольшее изменение физико-механических свойств в глинах.

Механизм агрегации и диспергации частиц глинистых грунтов

Поровая жидкость – электролит и углеводороды. Механизм агрегации основан на электростатическом взаимодействии между частицами. Процесс агрегации протекает следующим образом. На поверхности глинистой частицы (коллоида) формируется некомпенсированный отрицательный заряд. При увлажнении глины до максимальной гигроскопической влажности вокруг частицы формируется слой прочносвязанной воды (рисунок 4.4а).

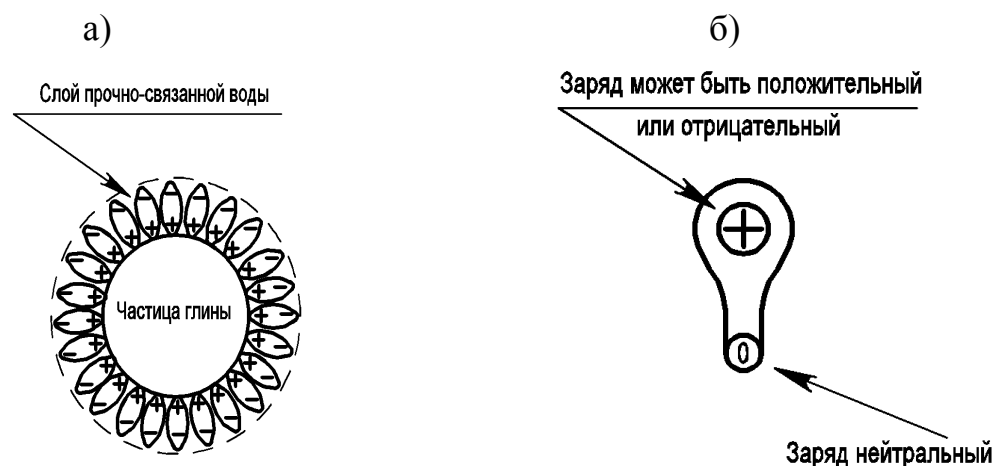


Рисунок 2.4. Грунтовая частица и слой прочносвязанной воды (а) и строение молекулы ПАВ (б)

Этот слой компенсирует часть отрицательного заряда частицы, поэтому его поверхность также заряжена отрицательно. При добавлении в грунт углеводородов в поровом растворе породы активизируются природные (биогенные) поверхностно активные вещества (ПАВ) и техногенные (ПАВ масла

машинного). Молекула ПАВ состоит из полярной (голова) и неполярной (хвост) частей (рисунок 4.4б). Полярная часть молекулы гидрофильная, а неполярная гидрофобная и представлена углеводородными соединениями. ПАВ, как и все вещества в зависимости от способности к диссоциации, делятся на электролиты (ионогенные ПАВ) и неэлектролиты (неионогенные ПАВ). Ионогенные ПАВ подразделяются на катионоактивные, анионоактивные и амфотерные. Отсюда полярная часть молекулы может быть заряжена как положительно, так и отрицательно.

В водной среде молекула ПАВ ориентируется таким образом, что гидрофобная часть стремится расположиться вне водной фазы (в углеводородах), а полярные части (голова) обращены в сторону водной среды (рисунок 2.5).

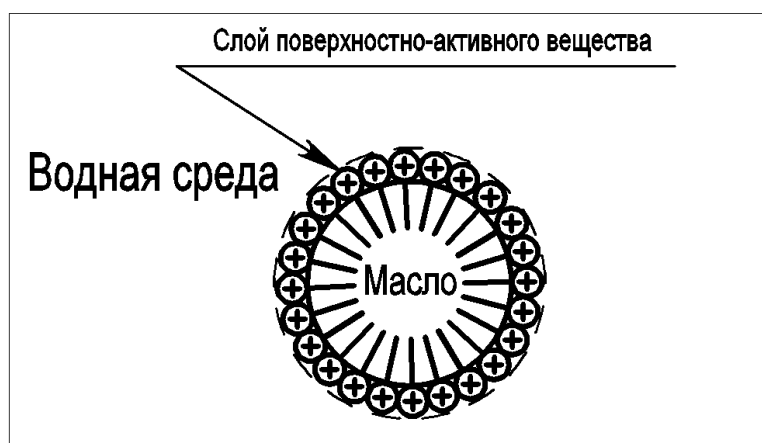


Рисунок 2.5. Схема взаимодействия молекулы ПАВ с каплей масла и водной средой.

Таким образом, поверхности «капли» УВ со слоем ПАВ и минеральной глинистой частицы имеют некомпенсированные заряды как отрицательные, так и положительные. Поэтому при незначительном содержании УВ в грунтах (до пороговых равных 2,5 %), молекула ПАВ с положительно заряженной «головой» компенсирует заряд глинистой частицы, и при полной компенсации энергии происходит слипание частиц грунта, то есть грунт агрегирует (рисунок 2.6).

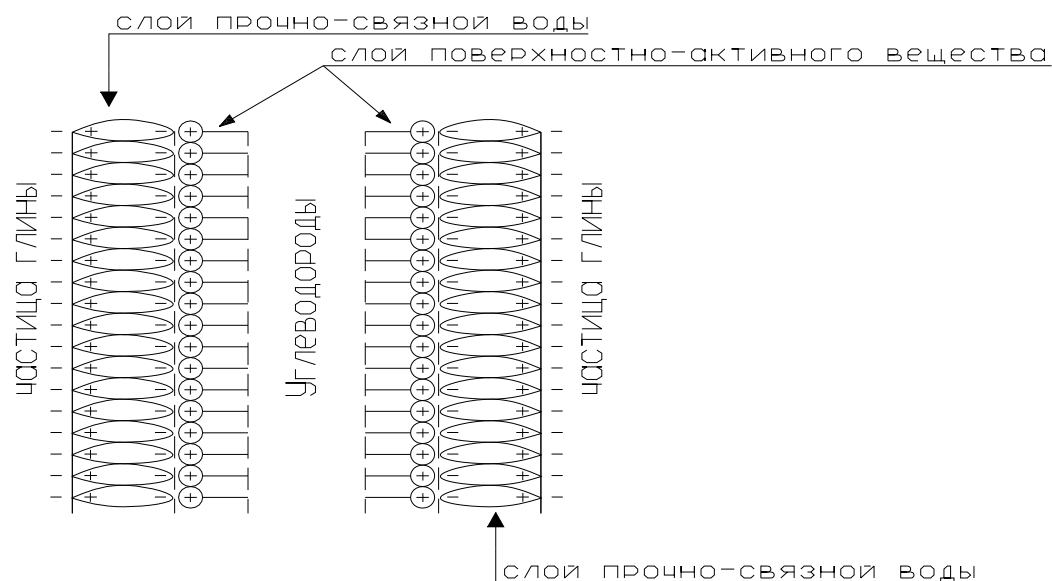


Рисунок 2.6. Механизм коагуляции частиц в глинистых грунтах, поровым раствором которых являются углеводороды и вода.

При увеличении УВ в поровом растворе глин выше пороговых значений (больше 2,5 %) включаются в работу ПАВ, имеющие отрицательный заряд «головы». Они нейтрализуют положительный заряд «голов» ПАВ, окружающих глинистую частицу. После чего на поверхности глинистой частицы вновь появляется отрицательный заряд, что влечет за собой диспергацию частиц.

Выводы:

- экспериментально установлено, при загрязнении глинистых грунтов (глин, суглинка и супеси) маслом машинным до 2,5 % в них протекают процессы коагуляции, а при увеличении загрязнения – диспергации;
- наиболее интенсивно процессы агрегации протекают в глинах, поэтому при загрязнении глин углеводородами следует ожидать в них значительные изменения физико-механических свойств;
- в грунтах, загрязненных углеводородами, агрегация частиц связана, вероятно, с наличием ПАВ в поровом растворе, которые влияют на энергию поверхности частиц, а она (величина энергии) в свою очередь определяет процессы коагуляции и диспергации.

3 Прогноз прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами

Защищаемое положение: закономерности изменчивости прочностных свойств грунтов, загрязненных углеводородами, для разработки математических моделей прогноза угла внутреннего трения и удельного сцепления глинистых грунтов.

3.1 Состояние и изученность вопроса

Исследованиями изменений физико-механических свойств грунтов при загрязнении их нефтью и нефтепродуктами занимались многие ученые [3-4, 27, 32-33, 35-37, 40, 48-51, 58-64, 74, 87-88].

Так, Н.Н. Бракоренко и Т.Я. Емельянова [3] исследовали петрографический состав и свойства грунтов в естественном состоянии и загрязненных нефтепродуктами. В результате работы были сделаны выводы, что при взаимодействии грунтов с нефтепродуктами происходит увеличение в породах тонкодисперсной фракции. При этом значение сцепления грунта увеличивается (за счет увеличения тонкодисперсной фракции), а угла внутреннего трения (за счет «смазки» свободного порового пространства) уменьшается.

Р.Э. Дашко в статье «Проблемы геоэкологии в геотехнике» [29] отмечает, что присутствие в грунтах двухвалентного железа вызывает разрушение агрегатов и повышение содержания тонкодисперсной фракции, сопровождающееся ростом гидрофильности глинистых отложений, кроме того, наблюдается сорбция органических компонентов на дисперсных частицах, что влияет на снижение угла внутреннего трения.

А. П. Казённиковым была смоделирована ситуация техногенного аварийного загрязнения грунта [35]. Прочностные характеристики грунтов определялись в полевых условиях. Автором были получены данные по сопротивлению пенетрации в естественных условиях на влажных и сухих легких пойменных грунтах и тяжелых суглинках. В качестве загрязнителя автор использовал дизельное топливо марки Л. Для загрязнения массива грунта

использовался налив в ограждающее кольцо. На основании исследований был сделан вывод, что попадание нефтепродукта в грунт приводит к уменьшению сопротивления пенетрации по сравнению с грунтом естественной влажности.

Изменение свойств песчаного и глинистого грунта в результате воздействия моторного масла представлено в работе Ю.Н. Копылова [37]. Автор исследовал изменение свойств мелкого песка и глины твердой консистенции. Сопротивление сдвигу определялось на приборе системы Гидропроект (ГГП30) при вертикальном давлении на штамп 0,3; 0,4; 0,5 МПа. Применяли масло моторное всесезонное, содержание которого изменяли от 0 до 30 % от массы грунта. В результате проведенных исследований автор пришел к выводу, что исследуемые характеристики грунта (угол внутреннего трения, удельное сцепление) существенно зависят от концентрации масла. В песчаных грунтах с увеличением содержания масла от 0 до 20 % наблюдался рост угла внутреннего трения, при дальнейшем увеличении содержания масла отмечено снижение угла внутреннего трения. В глинистых грунтах автор наблюдал подобную зависимость: с увеличением содержания масла до 15 % величина ϕ возрастала. При дальнейшем увеличении содержания загрязнителя угол снижался. Сопротивление грунта сдвигу снижалось с увеличением содержания масла.

Результаты экспериментальных исследований по влиянию углеводородов на механические свойства мерзлых глинистых грунтов приведены в работе Л.В. Шевченко и И.В. Ширшовой [87]. Авторами сделан вывод о том, что в глинах протекают процессы адсорбции нефти минеральными частицами грунта, изменяется количество контактов между всеми компонентами глин, что приводит к уменьшению показателей прочности.

В 2010 году была опубликована статья М.Т. Жараспаева и С.К. Муратовой «Разработка метода оценки загрязнения грунтов от разлива нефти на участках нефтепровода» [31]. Авторами описан процесс взаимодействия воды и нефти в грунтах в процессе фильтрации. Вода, содержащаяся в порах, оказывает существенное влияние на процесс фильтрации нефти. Фильтрация будет зависеть от состава воды углов пор и самой нефти. Вода и нефть – две жидкости, имеющие

различные свойства, которые взаимодействуют в пористой среде. Кроме того, необходимо учитывать свойства дисперсных частиц грунта, которые будут участвовать в процессе движения жидкости в пористой среде, содержащей в углах пор воду. Следовательно, нефть адсорбируется на влаге, находящейся в порах грунта. При этом взаимодействие нефти с поровой водой будет определяться не вязкостью нефти, а поверхностным натяжением воды. Поэтому определяющую роль при фильтрации нефти в грунт играет плотность воды и механизм поверхностного взаимодействия с поровой водой. Проникновение нефти в грунт через поры, в которых отсутствует влага, будет происходить за счет вязкости самой нефти очень медленно. Если учесть, что в разливы нефти попадают естественные осадки в виде дождя и снега, то фильтрация сложной системы жидкости будет происходить за счет поверхностного взаимодействия этой системы со скелетом грунта, в котором главенствующую роль играет поверхностное натяжение воды.

Из приведенного выше обзора работ видно, что многие вопросы изменения прочностных свойств грунтов, загрязненных углеводородами, изучены недостаточно полно, а результаты иногда противоречивы. Поэтому исследование закономерностей формирования прочностных свойств глин, поровым раствором которых является масло моторное и дизельное топливо, является важной задачей.

3.2 Методика исследований

Все лабораторные исследования грунтов проходили на базе лаборатории грунтоведения при Пермском государственном национальном исследовательском университете. В данной главе описана методика проведения испытаний.

В методическом плане исследования проводились следующим образом:

– первоначально определялся гранулометрический и минеральный состав грунтов.

Для проведения испытаний в качестве поровой жидкости были выбраны вода дистиллированная, дизельное топливо и масло моторное.

Прочность глинистых грунтов оценивалась посредством показателей сцепление и угол внутреннего трения, которые получали при испытании грунтов на сдвиг по ГОСТ 12248-96 [16].

Подготовка образцов на сдвиг производилась следующим образом:

– в сухой порошкообразный грунт, массой 1000 г, добавлялось 50 г (одна серия опытов) и 100 г воды (вторая серия опытов). Затем полученная масса помещалась в эксикатор на 1 сутки – таким образом, задавалась начальная влажность грунта (W_n). Далее в полученную грунтовую массу добавлялась жидкость (вода, моторное масло или дизельное топливо) в концентрациях 7 %, 10 %, 12 %, 15 %, 18 %, 20 %;

– затем производилось уплотнение всех образцов грунта нагрузкой $P = 0,2$ МПа;

– после чего проводились испытания на сдвиг образцов глин на приборе ГГП-30 по ГОСТ 12248-96 [16]. По результатам экспериментальных исследований определялись сцепление (c) и угол внутреннего трения (φ);

– устанавливались взаимосвязи между показателями прочности глин и степенью их загрязнения углеводородами.

3.3 Закономерности изменения прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами

Объектом исследования являются глинистые грунты. Гранулометрический и минеральный составы грунтов представлены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1. Гранулометрический состав грунта

Номенклатура грунта	Содержание частиц, %						
	Песчаная фракция				Пылеватая фракция		Глинистая фракция
	1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,10	0,10–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005
Суглинок песчаный	16,85	28,15	21,00	3,83	14,29	1,59	14,29
Суглинок пылеватый	0,05	22,90	9,95	10,88	48,43	6,35	21,44

Таблица 3.2. Минеральный состав грунта

Минерал	Содержание в 1 г грунта, %	
	суглинок песчаный	суглинок пылеватый
монтмориллонит	–	0,68
кварц	47,42	55,65
хлорит	4,07	2,46
ортоклаз	11,14	2,85
каолинит	18,02	1,11
кальцит	1,07	12,03
альбит	17,96	25,23

Результаты исследований прочностных свойств грунтов приведены в приложении А и сведены в таблицы 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3. Прочностные свойства грунтов, поровым раствором которых является вода и дизельное топливо

№ опыта	Серия I						Серия II			
	состав порового раствора (%)		суглинок пылеватый		суглинок песчаный		состав порового раствора (%)		суглинок песчаный	
	диз. топл.	вода	с, кгс/см ²	φ, град.	с, кгс/см ²	φ, град.	диз. топл.	вода	с, кгс/см ²	φ, град.
1	0	12	0,27	34	0,14	32	0	12	0,14	32
2	0	15	0,37	30	0,12	32	0	15	0,12	32
3	0	20	0,27	26	0,09	30	0	20	0,09	30
4	0	25	0,22	22	0,06	29	0	25	0,06	29
5	7	5	0,17	36	0,20	28	7	10	0,14	28
6	10	5	0,43	28	0,16	30	10	10	0,10	29
7	12	5	0,35	30	0,15	32	12	10	0,09	29
8	15	5	0,25	32	0,12	33	15	10	0,06	30
9	18	5	0,14	35	0,11	35	18	10	0,06	30
10	20	5	0,03	39	0,10	35	20	10	0,04	30

Примечание: Серия I – для опытов № 5–10 первоначальное увлажнение грунта составляет $W_n = 5 \%$. Серия II – для опытов № 5–10 первоначальное увлажнение грунта составляет $W_n = 10 \%$

Таблица 3.4. Прочностные свойства грунтов, поровым раствором которых является вода и масло моторное

№ опы та	Серия I				Серия II			
	состав порового раствора (%)		суглинок песчанистый		состав порового раствора (%)		суглинок песчанистый	
	масло моторное	вода	c, кгс/см ²	φ, град.	масло моторное	Вода	c, кгс/см ²	φ, град.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	12	0,14	32	0	12	0,14	32
2	0	15	0,12	32	0	15	0,12	32
3	0	20	0,09	30	0	20	0,09	30
4	0	25	0,06	29	0	25	0,06	29
5	7	5	0,32	25	7	10	0,05	32
6	10	5	0,23	27	10	10	0,05	30
7	12	5	0,21	27	12	10	0,05	30
8	15	5	0,15	31	15	10	0,04	29
9	18	5	0,10	31	18	10	0,04	29
10	20	5	0,02	34	20	10	0,04	28

Примечание: Серия I – для опытов № 5–10 первоначальное увлажнение грунта составляет $W_n = 5 \%$. Серия II – для опытов № 5–10 первоначальное увлажнение грунта составляет $W_n = 10 \%$

Анализ результатов исследований гранулометрического состава грунтов (табл. 1) показал, что грунты представляют собой суглинок песчанистый и суглинок пылеватый. Суглинок песчанистый сложен на 14 % глинистыми частицами, на 16 % пылевыми и на 70 % песчанистыми частицами. Суглинок пылеватый представлен на 21 % глинистыми частицами, на 55 % пылевыми и на 24 % песчанистыми частицами. Анализ минерального состава грунтов (табл. 2) показал, что в суглинке песчаном содержится 18 % каолинита, а в суглинке пылеватом около 1 %.

На рисунках 3.1, 3.2 приведены данные по изменению сцепления и угла внутреннего трения в зависимости от типа и количества порового раствора суглинков **пылеватых** при начальной влажности $W_n = 5 \%$.

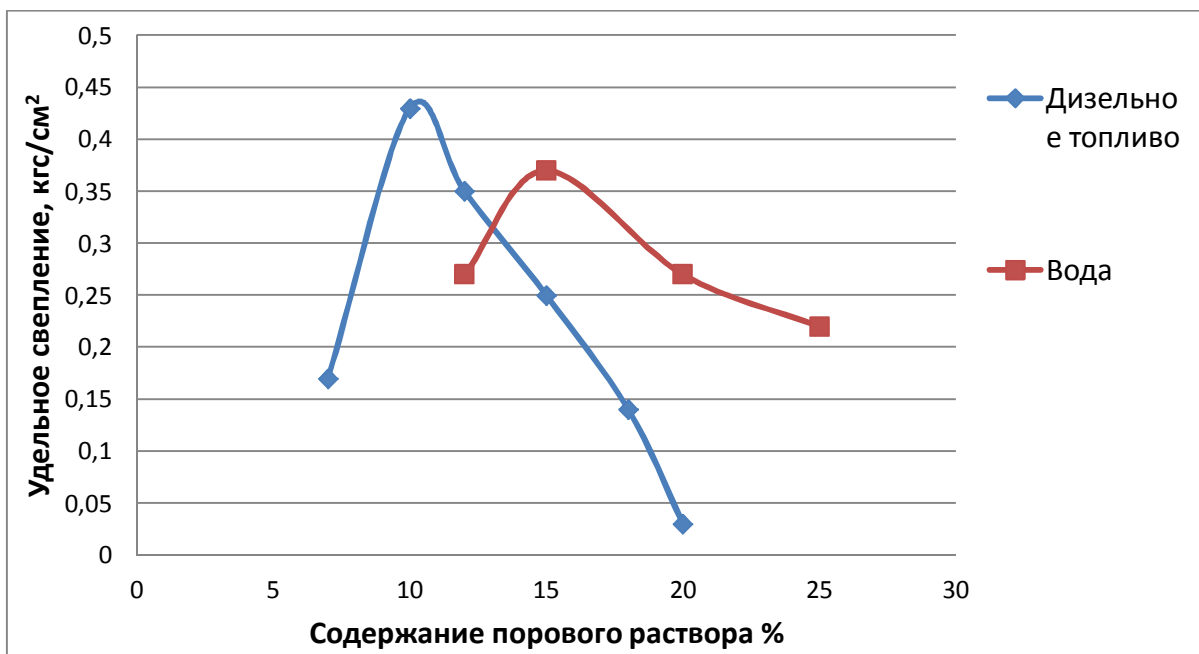


Рисунок 3.1 Изменение сцепления (c) в зависимости от влажности и содержания дизельного топлива в суглинках пылеватых при начальной влажности $W_H = 5\%$

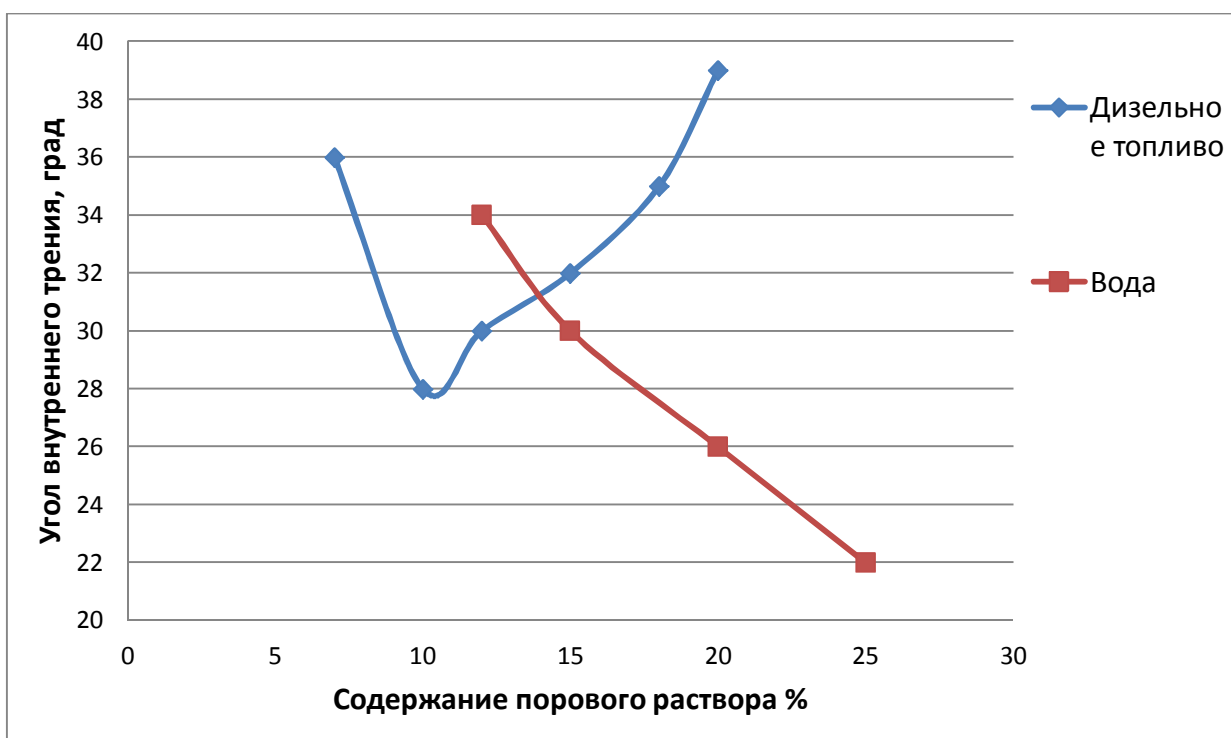


Рисунок 3.2 Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от влажности и содержания дизельного топлива в суглинках пылеватых при начальной влажности $W_H = 5\%$

На рисунках 3.3, 3.4 приведены данные по изменению сцепления и угла внутреннего трения в зависимости от типа и количества порового раствора суглинков **песчанистых** при начальной влажности $W_H = 5\%$.

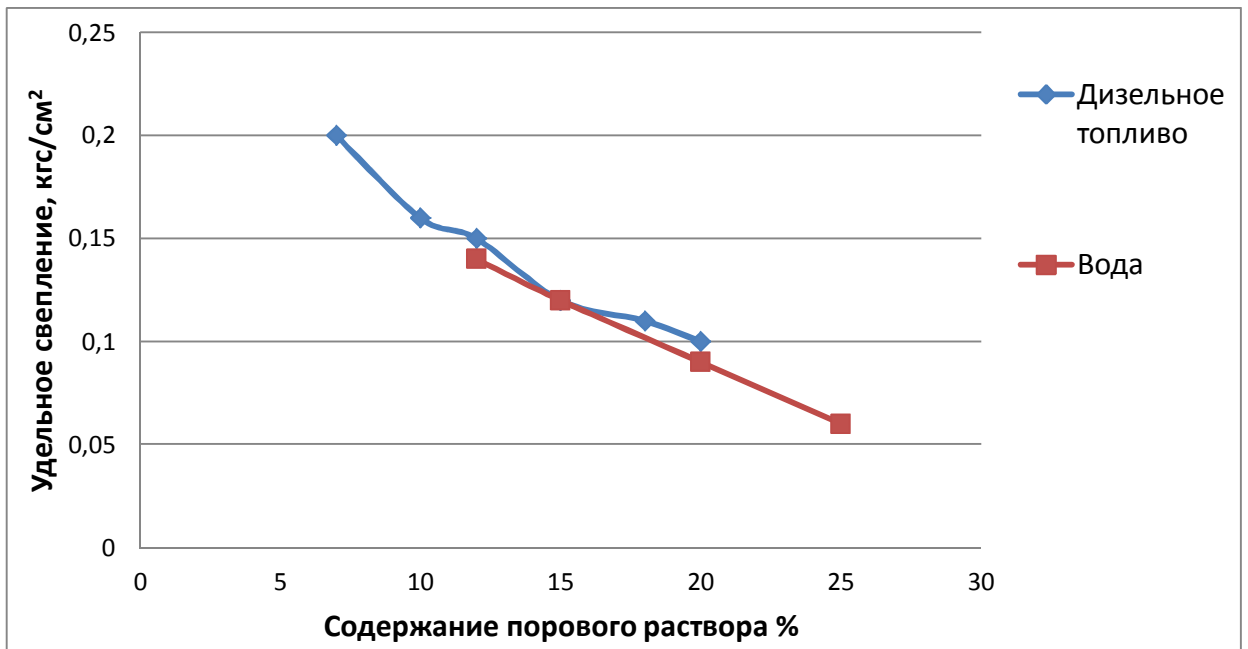


Рисунок 3.3. Изменение сцепления (с) в зависимости от влажности и содержания дизельного топлива в суглинках песчанистых (б) при начальной влажности $W_H = 5\%$

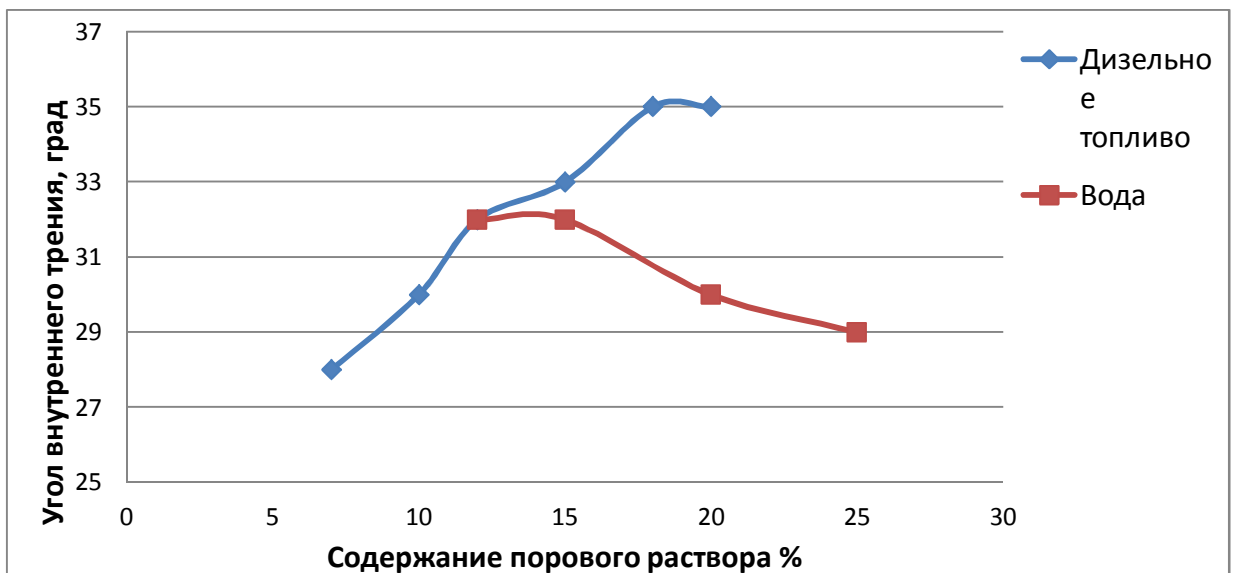


Рисунок 3.4 Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от влажности и содержания дизельного топлива в суглинках песчанистых при начальной влажности $W_H = 5\%$

Из рисунков 3.1–3.4 видно, что с увеличением количества порового раствора в суглинках наблюдается закономерное уменьшение сцепления. Это свидетельствует о том, что увеличение количества воды и дизельного топлива приводит к ослаблению структурных связей между грунтовыми частицами. Природа этого явления различна. В суглинках пылеватых, где размер структурных элементов (математическое ожидание) составляет в среднем 0,151 мм, наблюдаются два механизма формирования сцепления.

В суглинках, поровым раствором которых выступает водный раствор, формируются водно-коллоидные связи, прочность которых с увеличением влажности уменьшается. В том случае, когда поровым раствором являются дизельное топливо и вода, поверхности коллоидов и агрегатов «покрывают» углеводороды, поэтому прочность структурных связей уменьшается с увеличением содержания в грунте УВ.

Углы внутреннего трения закономерно увеличиваются с повышением концентрации дизельного топлива в грунтах. Наличие в поровом растворе дизельного топлива до 20 % приводит, вероятно, к коагуляции частиц глинистой и пылевой фракций, поэтому и углы трения с увеличением концентрации дизтоплива возрастают для всех исследованных грунтов. Отсюда в суглинках пылеватых, поровым раствором которых является вода, среднее значения угла внутреннего трения ($\varphi_{\text{ср.пыл.вода}} = 28^\circ$) меньше, чем у этих же грунтов, поровым раствором которых является дизельное топливо ($\varphi_{\text{ср.пыл.дизтоп}} = 33^\circ$). Подобная же закономерность выявлена и для суглинков песчаных ($\varphi_{\text{ср.песч.вода}} = 30^\circ$, а $\varphi_{\text{ср.песч.дизтоп}} = 32^\circ$).

На рисунках 3.5, 3.6 приведены данные по изменению сцепления и угла внутреннего трения в зависимости от количества дизельного топлива в поровом растворе суглинков песчаных при начальной влажности $W_n = 5\%$ и $W_n = 10\%$.

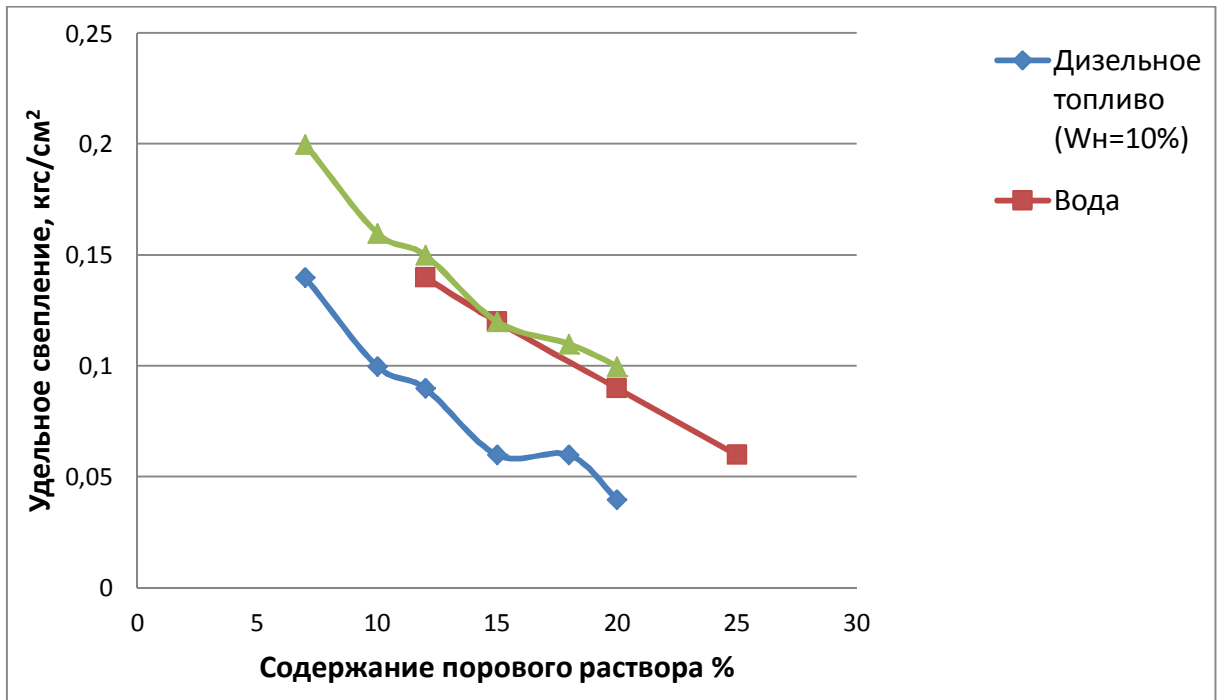


Рисунок 3.5. Изменение сцепления (c) в зависимости от содержания дизельного топлива в суглинках песчанистых при начальной влажности $W_n = 5\%$ и $W_n = 10\%$

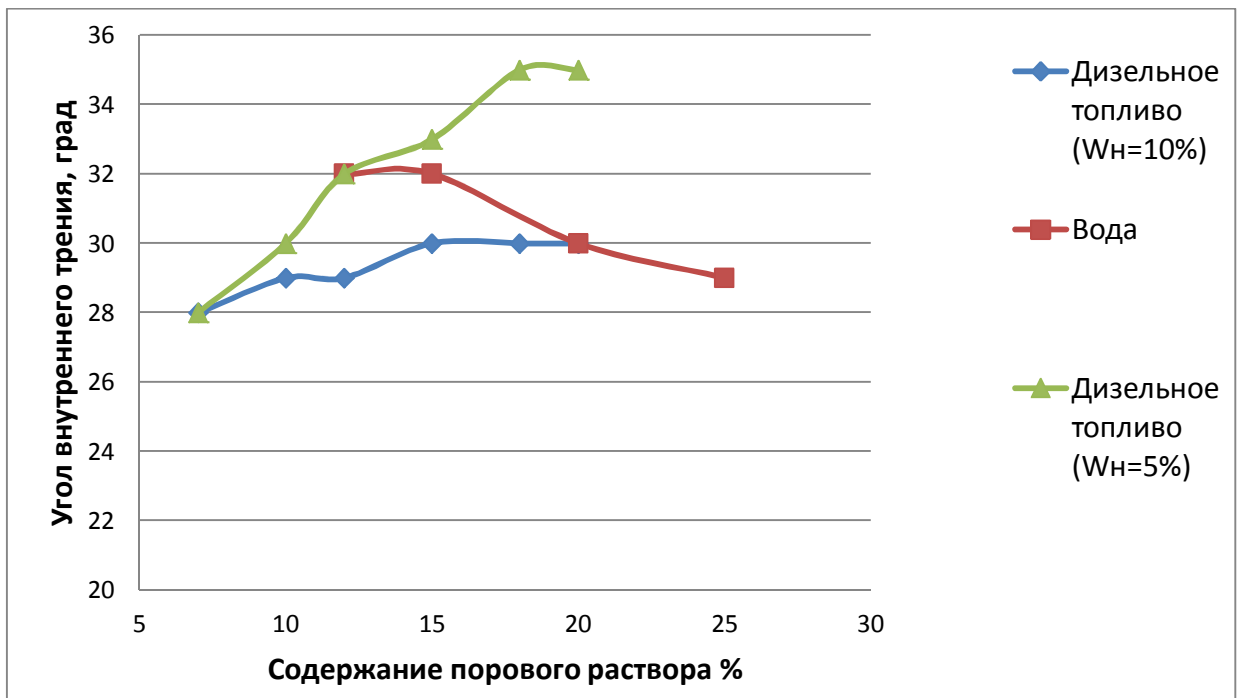


Рисунок 3.6. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от содержания дизельного топлива в суглинках песчанистых при начальной влажности $W_n = 5\%$ и $W_n = 10\%$

Из рисунков 3.5, 3.6 видно, что с увеличением количества воды и дизельного топлива в поровом растворе суглинков песчанистых наблюдается

закономерное уменьшение удельного сцепления. При этом с увеличением первоначальной влажности величина сцепления уменьшается. Так при $W_H = 5\%$ среднее значение сцепления $C_{\text{ср.песч.дизтоп.}} = 0,14 \text{ кгс/см}^2$, а при $W_H = 10\%$ оно составляет $C_{\text{ср.песч.дизтоп.}} = 0,08 \text{ кгс/см}^2$.

Изменение углов внутреннего трения подчиняется вышеописанной закономерности, с увеличением содержания в суглинках дизельного топлива углы внутреннего трения возрастают. При начальной влажности $W_H = 5\%$ угол трения составляет $\varphi_{\text{ср.песч.дизтоп.}} = 32^\circ$, а при $W_H = 10\%$ он уменьшается до $\varphi_{\text{ср.песч.дизтоп.}} = 29^\circ$.

На рисунках 3.7, 3.8 приведены данные по изменению c и φ в зависимости от содержания масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_H = 5\%$ и $W_H = 10\%$.

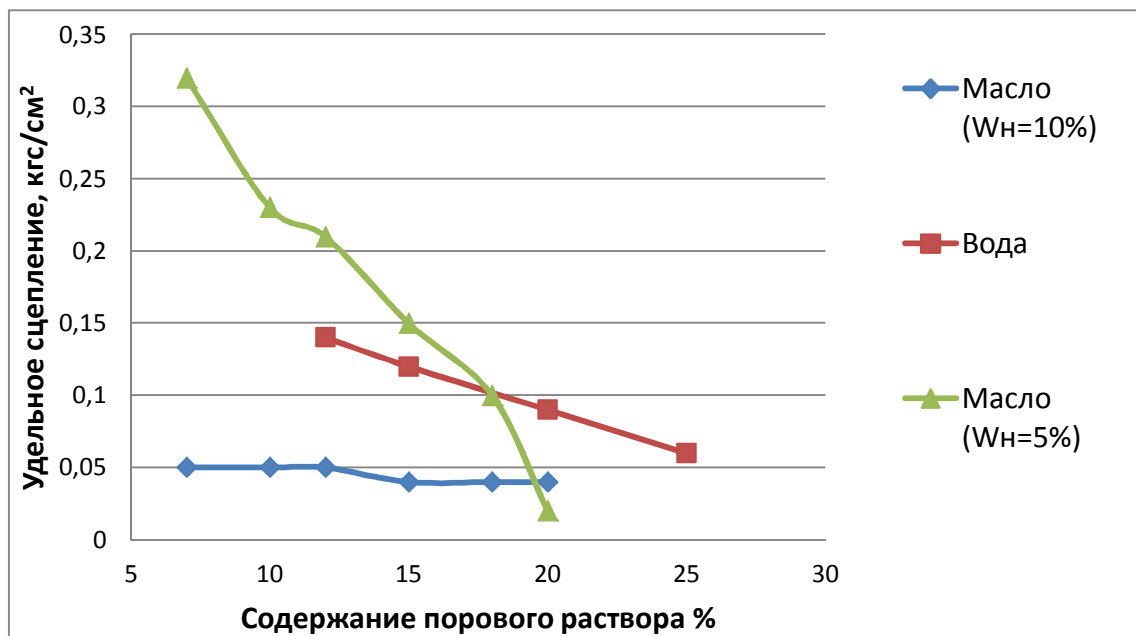


Рисунок 3.7. Изменение сцепления (c) в зависимости от содержания масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_H = 5\%$ и $W_H = 10\%$

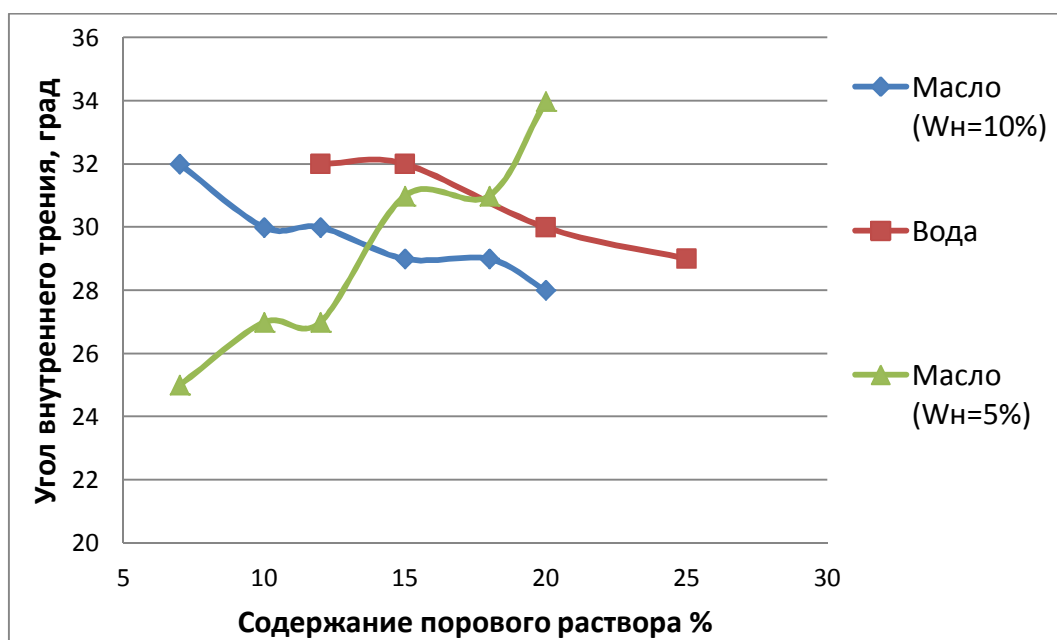


Рисунок 3.8. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от содержания масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_H = 5\%$ и $W_H = 10\%$

Из рисунков 3.7, 3.8 видно, что с увеличением количества воды и масла машинного в поровом растворе суглинков песчаных наблюдается закономерное уменьшение удельного сцепления. При этом с увеличением первоначальной влажности величина сцепления уменьшается. Так, при $W_H = 5\%$ среднее значение сцепления $C_{\text{ср.песч.масло}} = 0,17 \text{ кгс/см}^2$, а при $W_H = 10\%$ оно составляет $C_{\text{ср.песч.масло}} = 0,045 \text{ кгс/см}^2$

Изменение углов внутреннего трения отлично от вышеописанной закономерности (для дизельного топлива), при начальной влажности $W_H = 5\%$ угол трения возрастает с увеличением содержания масла машинного и составляет $\varphi_{\text{ср.песч.масло}} = 32^\circ$, а при $W_H = 10\%$ наблюдается обратная зависимость: угол трения уменьшается и составляет в среднем также $\varphi_{\text{ср.песч.масло}} = 32^\circ$.

На рис. 5 приведены данные по изменению сцепления (c) и угла внутреннего трения (φ) в зависимости от содержания дизельного топлива и масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_H = 5\%$ и $W_H = 10\%$.

Сопоставляя значения прочностных свойств суглинка (рисунки 3.9 – 3.12) наблюдаем, что при $W_H = 5\%$ удельное сцепление в грунтах с содержанием в порах масла машинного выше ($C_{\text{ср.песч.масло}} = 0,17 \text{ кгс/см}^2$), чем в грунтах, загрязненных дизельным топливом ($C_{\text{ср.песч.дизтоп.}} = 0,14 \text{ кгс/см}^2$). При $W_H = 10\%$ наблюдается обратная зависимость $C_{\text{ср.песч.масло}} = 0,045 \text{ кгс/см}^2$, а $C_{\text{ср.песч.дизтоп.}} = 0,08 \text{ кгс/см}^2$. Подобная же закономерность характерна и для углов внутреннего трения. При $W_H = 5\%$ углы внутреннего трения суглинка, загрязненного маслом, ниже ($\varphi_{\text{ср.песч.масло}} = 29^\circ$), чем углы трения суглинка загрязненного дизельным топливом ($\varphi_{\text{ср.песч.дизтоп.}} = 32^\circ$). При $W_H = 10\%$ связи выявить не удалось.

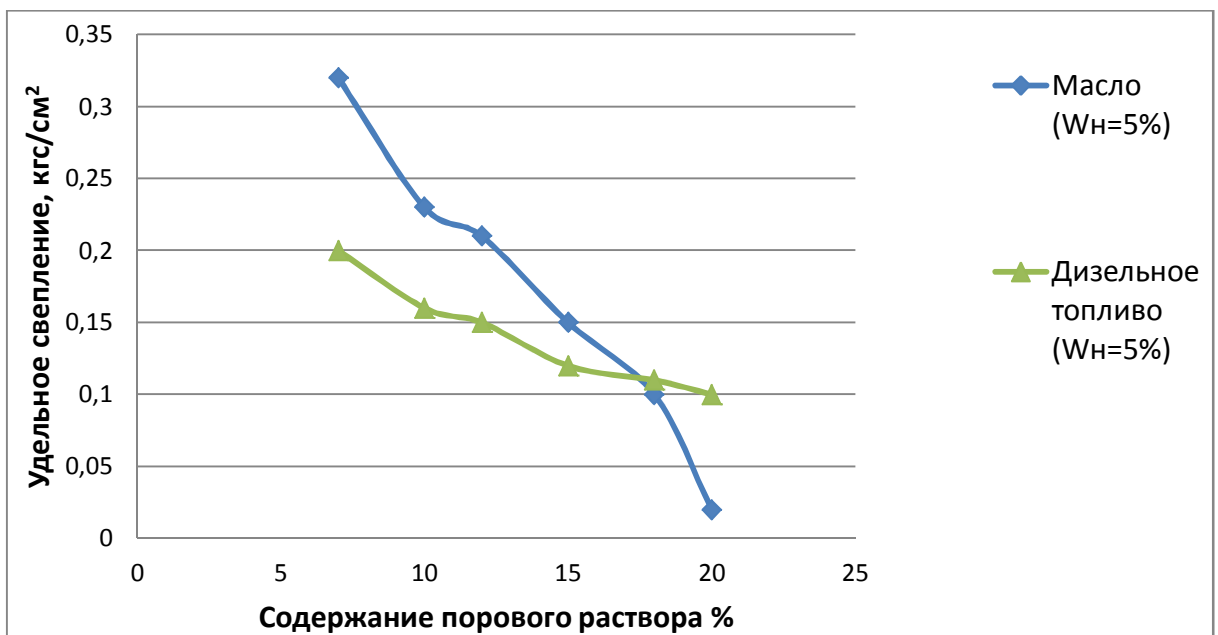


Рис. 3.9. Изменение сцепления (с) в зависимости от содержания дизельного топлива и масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_H = 5\%$

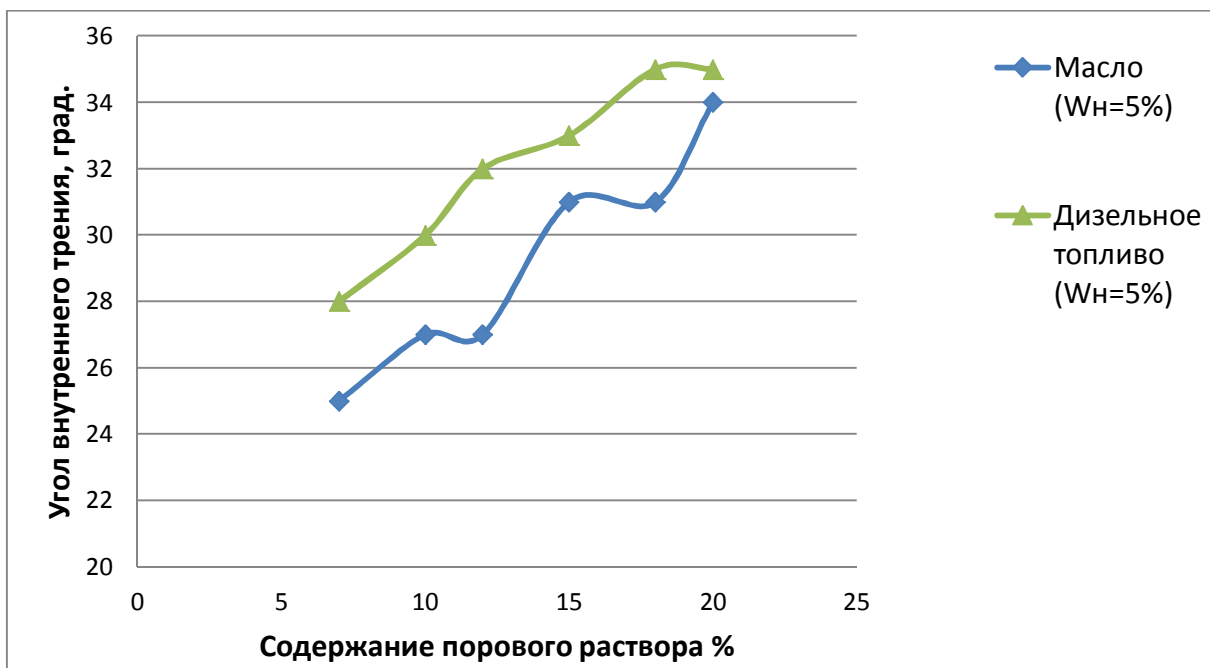


Рис. 3.10. Изменение угла внутреннего трения (ϕ) в зависимости от содержания дизельного топлива и масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_H = 5\%$

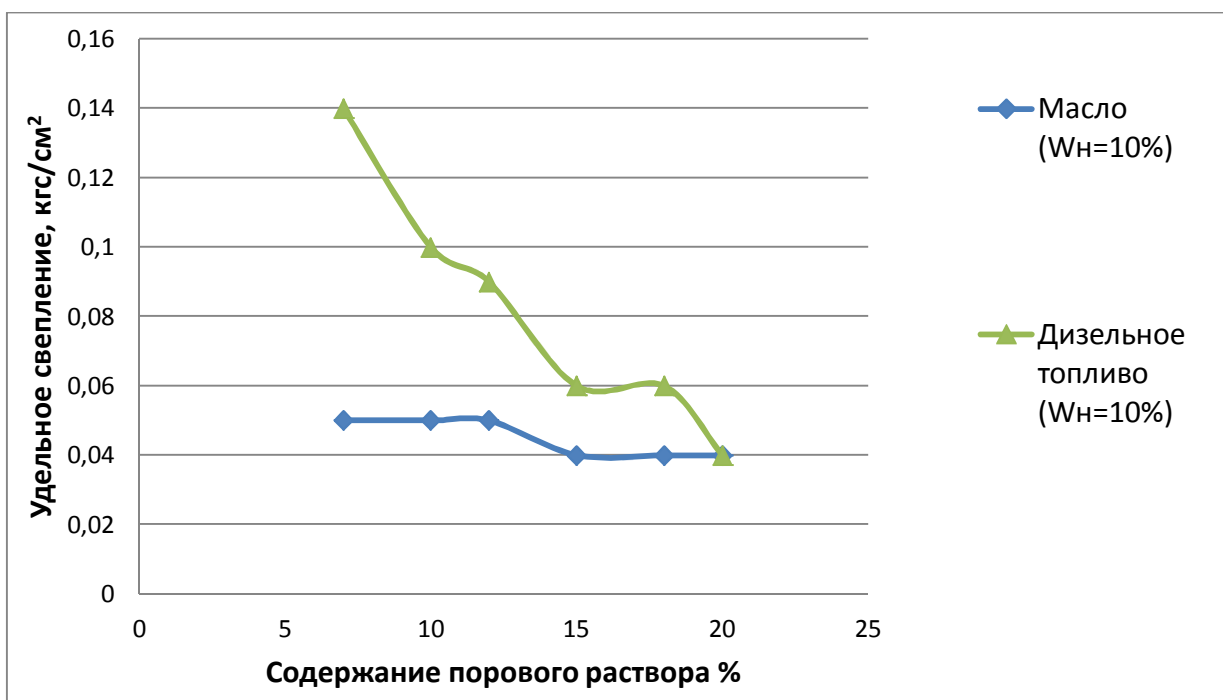


Рис. 3.11. Изменение сцепления (c) в зависимости от содержания дизельного топлива и масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_H = 10\%$

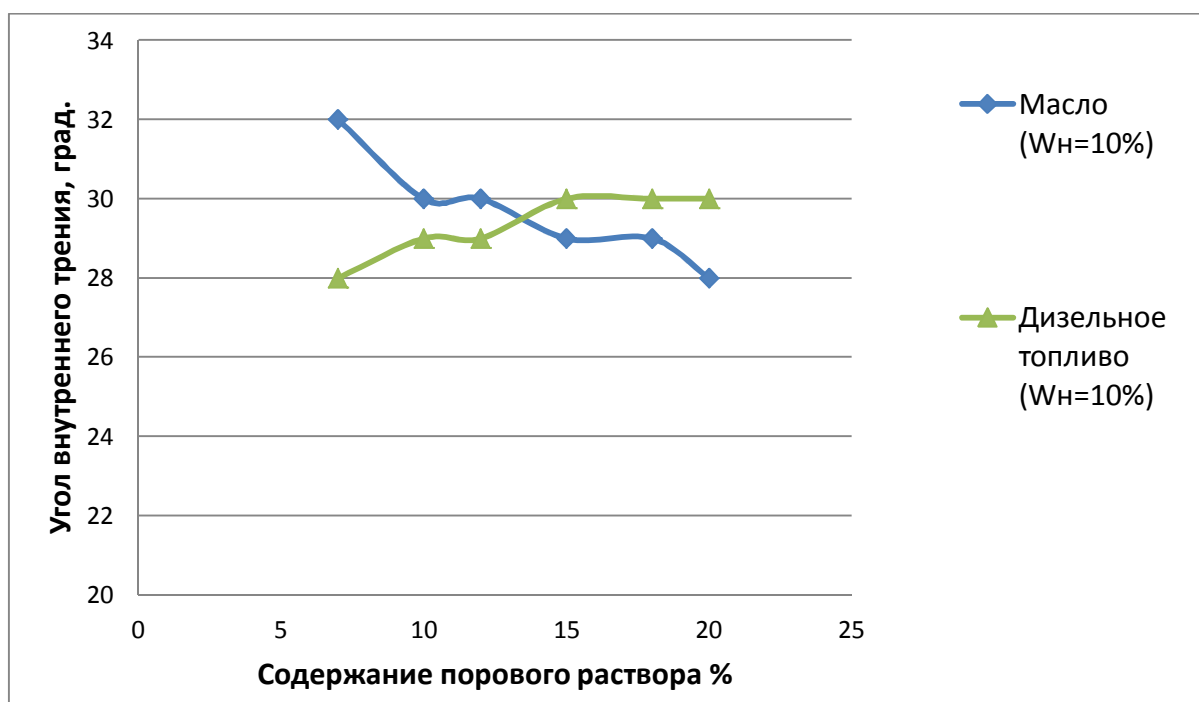


Рис. 3.12. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от содержания дизельного топлива и масла машинного в суглинках песчаных при начальной влажности $W_n = 10\%$.

3.4 Разработка математических моделей по прогнозу прочностных свойств глинистых грунтов

Для прогноза изменения прочностных свойств (сцепления и угла внутреннего трения) глинистых грунтов, загрязненных дизельным топливом моторным маслом, были выполнены корреляционный и регрессионный анализы.

Показателем тесноты связи является линейный коэффициент корреляции (r). Проверку гипотезы о наличии связи между исследуемыми признаками осуществляли путем сравнения расчетного коэффициента корреляции (r) и критического (r_k), взятому из таблицы Фишера. Если $r > r_k$, то предполагаем, что между исследуемыми признаками существуют статистические связи, после чего переходим к расчету математических моделей.

Суглинок пылеватый – поровая жидкость: дизельное топливо и вода ($W_n=5\%$).

Для оценки связи между содержанием дизельного топлива в грунте и его прочностью рассчитаны коэффициенты корреляции:

– для угла внутреннего трения $r = 0,48$;

– для сцепления $r = -0,60$.

Вычислены критические значения $r_k = 0,81$ при числе степеней свободы $k = n-2$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$. Сопоставление расчетных и критических значений коэффициентов корреляции показывает, что $r < r_k$, поэтому с вероятностью 0,95 можно предположить, что между содержанием дизельного топлива в грунте и его прочностью связи не установлены.

Суглинок песчанистый – поровая жидкость: дизельное топливо и вода ($W_H = 5\%$).

Для угла внутреннего трения $r = 0,92$;

для сцепления $r = -0,94$.

Вычислено критическое значения $r_k = 0,81$ при числе степеней свободы $k = n-2$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$. Сопоставление расчетных и критических значений коэффициентов корреляции показывает, что $r > r_k$ поэтому с вероятностью 0,95 можно предположить, что между содержанием дизельного топлива в грунте (д/т) и его прочностью существуют тесные связи.

Уравнение связи для прогноза удельного сцепления имеет вид:

$$C = 0,2414 - 0,0074 * \text{д/т}$$

Уравнение связи для прогноза угла внутреннего трения имеет вид:

$$\varphi = 24,582 + 0,55495 * \text{д/т}$$

Суглинок песчанистый – поровая жидкость дизельное топливо и вода ($W_H = 10\%$).

$$C = 0,1782 - 0,0071 * \text{д/т}; \quad r = -0,93 > r_k = 0,81$$

$$\varphi = 27,2308 + 0,1538 * \text{д/т} \quad r = 0,93 > r_k = 0,81$$

Суглинок песчанистый – поровая жидкость масло моторное и вода ($W_H = 5\%$).

$$C = 0,4608 - 0,0212 * \text{м/м}; \quad r = -0,95 > r_k = 0,81$$

$$\varphi = 20,1181 + 0,6621 * \text{м/м} \quad r = 0,92 > r_k = 0,81$$

где: м/м – содержание в поровом растворе грунта масла машинного, %.

Суглинок песчанистый – поровая жидкость масло моторное и вода ($W_H=10\%$).

$$C = 0,0585 - 0,001 * \text{м/м}; \quad r = -0,89 > r_k = 0,81$$

$$\varphi = 33,2335 - 0,261 * \text{м/м} \quad r = -0,94 > r_k = 0,81$$

Рассчитаем прочностные характеристики грунтов, с учетом их загрязнения на объекте изысканий «Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций. Северо-Харьгинское нефтяное месторождение» (таблица 3.5). В качестве примера возьмем ИГЭ 3 – суглинок тугопластичный (g, gmQ₁).

Таблица 3.5 – Показатели физико-механических свойств грунтов

Наименование грунта	Нормативные прочностные характеристики		Расчетные характеристики				Прочностные характеристики с учетом прогноза загрязнения грунтов дизельным топливом 15%	
			при доверительной вероятности 0,85		при доверительной вероятности 0,95			
	$\varphi, ^\circ$	C, кгс/см ²	$\varphi, ^\circ$	C, кгс/см ²	$\varphi, ^\circ$	C, кгс/см ²	$\varphi, ^\circ$	C, кгс/см ²
Суглинок тугопластичный	17	0,30	16	0,27	15	0,26	27	0,17

В состав проектируемых сооружений куста входит емкость с дизельным топливом. При разливе дизельного топлива на земную поверхность содержание УВ в грунте может достигать 15%. При таком сценарии аварийной ситуации удельное сцепление (ИГЭ 3) уменьшится от $C=0,030$ кгс/см² до $C=0,017$ кгс/см², а угол внутреннего трения возрастет с $\varphi=17^\circ$ до $\varphi=27^\circ$. Данные изменения приведут к понижению несущей способности основания емкости. Так, для ИГЭ 3 расчетные значения по несущей способности удельного сцепления составляют $C=0,026$ кгс/см² до $C=0,011$ кгс/см², а угла внутреннего трения возрастет с $\varphi=15^\circ$ до $\varphi=23^\circ$.

4 Прогноз прочностных свойств песчаных грунтов, загрязненных углеводородами

Защищаемое положение: закономерности изменчивости прочностных свойств грунтов, загрязненных углеводородами, для разработки математических моделей прогноза угла внутреннего трения и удельного сцепления песков.

4.1 Состояние и изученность вопроса

Исследованием прочностных свойств грунтов занимались многие ученые – Е. М. Сергеев, В. Т. Трофимов, Н. Н. Бракоренко, Т. Я. Емельянова (см. главу 3.1). Вопросам изменения прочности песков, загрязненных углеводородами, уделено недостаточно внимания, что может служить причиной изменения несущей способности оснований сооружений, расположенных на нефтяных месторождениях.

4.2 Методика исследований

Все лабораторные исследования грунтов проходили на базе лаборатории грунтоведения при Пермском государственном национальном исследовательском университете.

Лабораторные работы состоят из следующих этапов:

1. Подготовка исследуемых образцов: высушивание, просеивание песка. Высушивание песка производилось в сушильном шкафу SNOL 58/350 при 105°C в течение 5 часов. Остывший песок просеивался ситовым методом без промывки водой. Гранулометрический анализ на ситах является основным методом определения гранулометрического состава песчаных грунтов.

2. Испытание грунтов на сдвиг методом одноплоскостного среза согласно ГОСТ 12248-96 [16].

3. Выявление закономерностей изменения прочностных свойств песков в зависимости от объема загрязнителя и размера структурных элементов. По результатам лабораторных испытаний автором были составлены сводные таблицы. По этим данным строились диаграммы зависимости касательного

напряжения от нормального, зацепления и угла внутреннего трения от степени увлажнения. Описание диаграмм позволило выявить, существует ли закономерность изменения прочностных свойств песков в зависимости от объема и свойств жидкой компоненты; в зависимости от размера структурных элементов.

4.3 Закономерности изменения прочностных свойств песчаных грунтов, загрязненных углеводородами

Проведено три серии экспериментов.

В первой серии экспериментов изучались два вопроса:

- влияние типа поровой жидкости на изменение углов внутреннего трения песков;
- влияние гранулометрического состава песков, загрязненных углеводородами на их прочностные свойства.

Для оценки влияния типа поровой жидкости на углы внутреннего трения песков проведено сопоставление численных значений углов внутреннего трения полученных в песках, поровым раствором которых являлась вода и трансмиссионное масло (таблица 1). При этом содержание порового раствора составило 7 %.

Таблица 4.1 – Углы внутреннего трения песков, поровым раствором которых является вода и трансмиссионное масло 7%

Песок	Поровая жидкость	Угол внутреннего трения, φ , град										Среднее, \bar{x}	Дисперсия, S^2	№ выборочной совокупности
Мелкий	вода	32	33	33	31	32	33	33	32	33	33	32,5	0,50	первая
	масло	30	30	32	30	32	30	30	30	30	30	30,4	0,71	вторая
Средний	вода	33	33	31	31	31	33	33	31	33	33	32,2	1,06	третья
	масло	25	25	25	29	25	25	25	27	27	27	26,0	2,00	четвертая
Крупный	вода	33	33	33	33	33	35	33	31	33	33	33,0	0,88	пятая
	масло	29	27	27	27	27	25	29	27	29	29	27,6	1,82	шестая

Из таблицы видно, что в песках, загрязненных маслом трансмиссионным, углы внутреннего трения принимают всегда меньшие значения, чем в песках, поровым раствором которых является вода. Так, в песках мелких φ уменьшается

на 6%, в средних на 19% и в крупных на 16%. Для установления, насколько существенны эти изменения углов внутреннего трения, проведен статистический анализ. Сущность его сводилась к следующему. Если прочностные свойства песков, поровыми растворами которых являлось масло и вода, не существенно различаются между собой, то с точки зрения статистики дисперсии и средние значения первой и второй, третьей и четвертой, а также пятой и шестой (таблица 1) выборочных совокупностей должны быть близки между собой. Близость дисперсий оценивается по критерию Фишера F , а средних значений – по критерию Стьюдента t .

Расчетный критерий Фишера представляет собой следующее отношение:

$$F_p = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (2)$$

где S_1^2 , S_2^2 – дисперсии одной и другой выборок.

При вычислении F_p необходимо оценить, случайно ли расхождение между дисперсиями или нет. Для этого сравниваются расчетное значение критерия Фишера F_p с табличным F_m . Если $F_p > F_m$, то можно утверждать, что имеется существенное различие в величинах дисперсий, т.е. исследуемые выборки не относятся к одной генеральной совокупности. Если $F_p < F_m$, то дисперсии двух выборок различаются несущественно и поэтому отражают одну генеральную совокупность.

Для оценки средних значений двух выборочных совокупностей требуется сопоставить разность выборочных средних одной и второй выборок ($\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2$) с величиной среднеквадратичной ошибки ($\mu_{\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2}$) этих выборок. Для этого используется расчетный критерий Стьюдента:

$$t_p = \frac{\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2}{\mu_{\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2}}, \quad (3)$$

где:

$$\mu_{\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2} = \sqrt{\sigma^2 \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}, \quad (4)$$

где σ^2 – дисперсия генеральной совокупности; n_1, n_2 – объемы одной и второй выборок соответственно.

Оценка различия между средними значениями двух выборок сводится к тому, что сравниваются расчетные (t_p) и табличные (t_m) значения критериев Стьюдента. При $t_p > t_m$ исследуемые выборки не относятся к одной генеральной совокупности. При $t_p < t_m$, наоборот, они представляют одну совокупность, то есть масло трансмиссионное, как поровая жидкость не оказывает существенного влияния на прочность песков.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 4.2 – Результаты расчетов статистик

№ выборки	Среднее значение, \bar{x}	Дисперсия, S^2	Критерий			
			Фишера		Стьюдента	
			F_p	F_m	t_p	t_m
1	32,5	0,50	1,42	2,45	5,74	2,10
2	30,4	0,71				
3	32,2	1,06	1,89	2,45	10,72	2,10
4	26	2,00				
5	33	0,88	2,07	2,45	10,24	2,10
6	27,6	1,82				

Из таблицы 4.2 видно, что во всех случаях расчетные значения критерия Стьюдента больше, чем табличные $t_p > t_m$. Поэтому можно предположить, что загрязнение песков разной крупности маслом трансмиссионным вызовет существенные понижения их (песков) прочности.

Для установления влияния гранулометрического состава песков на изменения углов внутреннего трения (φ) проведен анализ экспериментальных данных (таблица 1). Из таблицы 1 видно, что средние значения углов внутреннего трения в песках мелких составляет $\varphi_m=32,5^\circ$, в среднезернистых $\varphi_c=32,5^\circ$ и крупнозернистых $\varphi_k=33^\circ$ поровым раствором которых является вода. Отсюда при вышеописанных условиях эксперимента, когда поровым раствором является вода, гранулометрический состав не оказывает существенного влияния на изменения углов внутреннего трения песков.

Среднее значение углов внутреннего трения песков, поровым раствором которых является моторное масло, наоборот, зависят от размера структурных

элементов грунта. Так, в песках мелкозернистых, среднее значение угла трения составляет $\varphi_m=30,4^\circ$, в среднезернистых $\varphi_c=26^\circ$ и крупнозернистых $\varphi_k=27,6^\circ$. При этом, наименьшее значение φ установлено для среднезернистых песков. Чтобы установить, носят ли выявленные изменения закономерный характер, проведен статистический анализ.

По второй, четвертой и шестой выборкам проводились расчеты дисперсий, средних значений, критериев Фишера и Стьюдента. Результаты расчетов приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3- Результаты расчетов статистик

№ выборки	Среднее значение \bar{x}	Дисперсия, S^2	Критерий			
			Фишера		Стьюдента	
			F_p	F_m	t_p	t_m
2	30,4	0,71	2,82	2,45	6,64	2,10
4	26	2,00				
2	30,4	0,71	2,57	2,45	4,55	2,10
6	27,6	1,82				
4	26	2,00	1,10	2,45	2,47	2,10
6	27,6	1,82				

Из нее видно, что расчетные значения критерия Фишера между второй и четвертой выборками равно $F_p=2,82$, а между второй и шестой выборками составляет $F_p=2,57$. Критическое (табличное) F_m при числе степеней свободы $k_1 = n_1 - 1 = 9$, $k_2 = n_1 + n_2 - 2 = 18$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$ составляет $F_m=2,45$. Сопоставляя эти данные, видим, что $F_p > F_m$, отсюда следует, что исследуемые совокупности имеют существенные различия между собой. Таким образом, природа формирования углов внутреннего трения в песках, загрязненных маслом машинным в концентрации 7% между песком мелким и средней крупности, а также между песком мелким и крупнозернистым различна.

Углы внутреннего трения в песках средне- и крупнозернистых наоборот имеют одну природу формирования, о чем свидетельствует $F_p = 1,10 < F_m = 2,45$. Это есть необходимое, но не достаточное условие. При $F_p < F_m$ двух выборок необходимо сделать следующий шаг – сопоставить средние значения.

Сравнение расчетного ($t_p = 2,47$) и критического ($t_m = 2,10$) критериев Стьюдента показало, что $t_p > t_m$. Это свидетельствует о том, что исследованные

выборки относятся к разным совокупностям, каждая из которых имеет свою природу прочности. Из этого следует, гранулометрический состав оказывает существенное влияние на прочностные свойства песков, поровым раствором которых является масло машинное.

Во второй серии экспериментов изучалось влияние содержания воды, дизельного топлива, масла моторного и масла трансмиссионного на изменение углов внутреннего трения песков разной крупности. Результаты экспериментов приведены в приложении А и сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Изменение угла внутреннего трения песков разной крупности в зависимости от содержания воды, дизельного топлива, масла моторного и масла трансмиссионного

Наименование песка	Содержание порового раствора, %	Вид поровой жидкости			
		Вода	Дизельное топливо	Масло моторное	Масло трансмиссионное
		Угол внутреннего трения, град.			
Песок мелкий	7,0	32	29	29	30
	10,0	32	28	28	29
	14,0	29	28	28	30
	21,0	29	27	28	29
Песок средний	7,0	32	30	25	26
	10,0	29	27	25	28
	15,0	30	28	29	27
	20,0	30	28	28	29
Песок крупный	5,5	34	28	28	27
	7,0	33	28	28	27
	11,0	33	26	26	27
	16,5	32	27	27	29
	22,0	31	26	29	29

В мелких песках при увеличении содержания в них воды и углеводородов от 7 до 21 % наблюдается уменьшение угла внутреннего трения (Рисунок 4.1). При этом наиболее тесная и статистически значимая связь установлена между содержанием в песке дизельного топлива (Сд.т) и углом внутреннего трения (ϕ_m), о чем свидетельствует наибольшее и статистически значимое значение коэффициента парной корреляции $r_{д.т.} = -0,94 > r_{\phi_m} = 0,81$ при $n-1=4$ степенях свободы.

Также статистически значимая связь существует между содержанием в песке дистиллированной воды ($C_{в.}$) и углом внутреннего трения $r_{в.} = -0,86 > r_{к} = 0,81$. Связи между содержанием в песке масла моторного и углом внутреннего трения ($r_{м.м.} = -0,66 < r_{к} = 0,81$), а также масла трансмиссионного и φ ($r_{м.т.} = -0,48 < r_{к} = 0,81$) статистически не значимы.

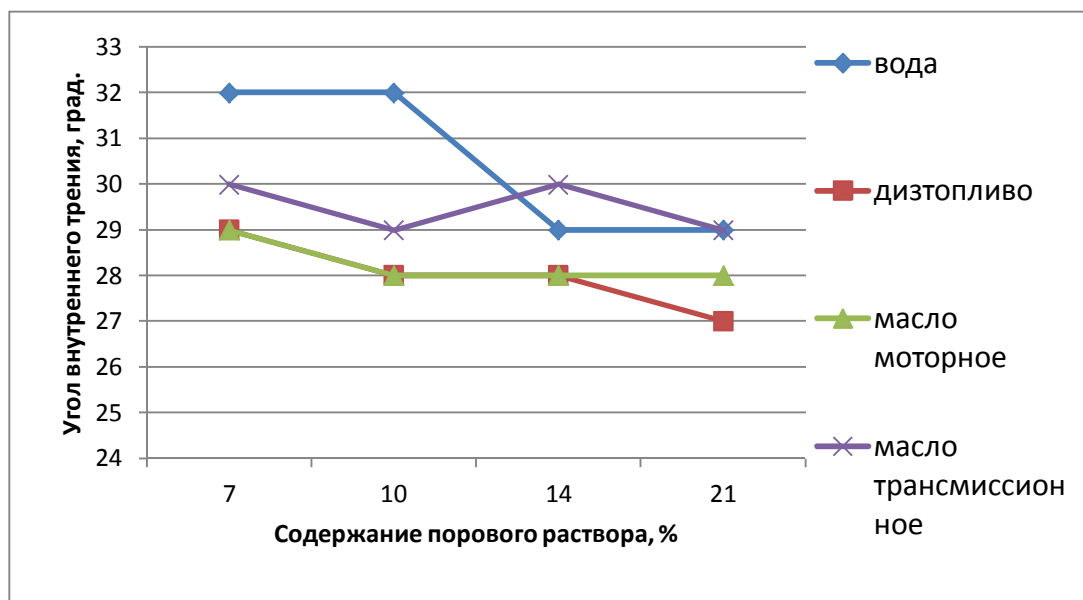


Рисунок 4.1. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от влажности и содержания углеводородов в песках мелких

На основании выявленных закономерностей рассчитаны, с использованием регрессионного анализа, следующие математические модели для прогноза углов внутреннего трения $\varphi_{м.}$:

для песка мелкого загрязненного дизельным топливом

$$\varphi_{м.} = 29,6545 - 0,1273 C_{д.т.},$$

где $C_{д.т.}$ – концентрация дизельного топлива, как поровой жидкости в песках;

для песка мелкого насыщенного водой

$$\varphi_{м.} = 33,6909 - 0,2455 C_{в.},$$

где $C_{в.}$ – влажность в песках.

Следует отметить, что наиболее надежные данные по углу внутреннего трения песков мелких можно получить при загрязнении их от 7 % до 21 %.

В песках средней крупности (рисунок 4.2) наблюдается отличная от песков мелких закономерность. Так, с увеличением содержания воды и дизельного

топлива в поровом растворе песков средней крупности наблюдается закономерное уменьшение угла внутреннего трения, как и в песках мелких. Однако с увеличением содержания масел моторного и трансмиссионного, наоборот, наблюдается увеличение углов внутреннего трения. То есть при изменении свойств углеводородов от дизельного топлива до масла машинного изменяется природа формирования углов внутреннего трения. Вероятно, одним из признаков такой инверсии φ является вязкость углеводородного загрязнителя. Вышеприведенная закономерность подтверждается также данными

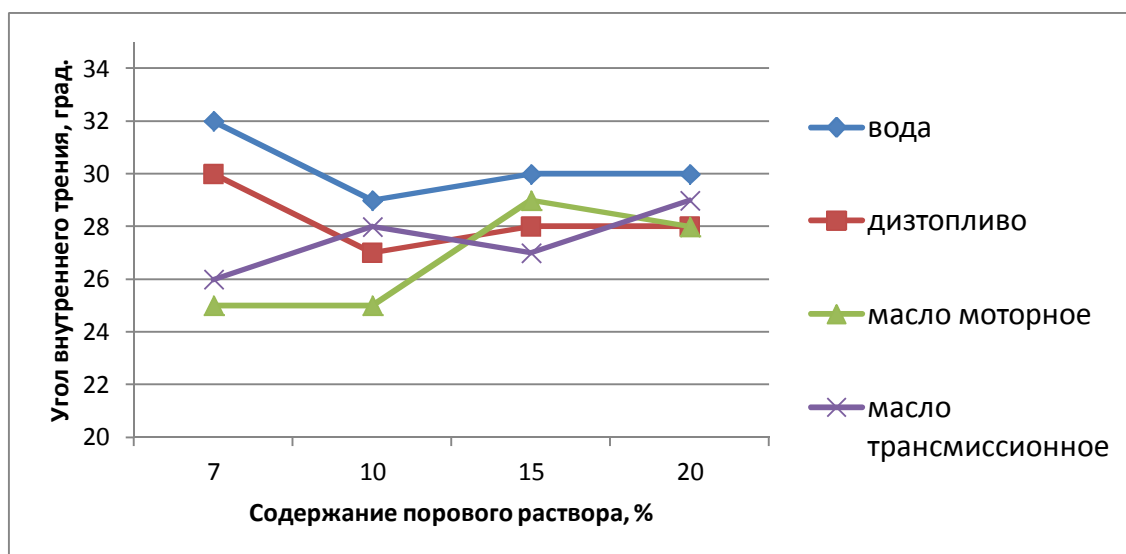


Рисунок 4.2 Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от влажности и содержания углеводородов в песках средней крупности

Так, коэффициенты корреляции между углом внутреннего трения и содержанием в песке дизельного топлива составляет $r_{д.т}=-0,42$, а между φ и C_v воды также имеет отрицательное значение $r_v=-0,42$. Хотя эти коэффициенты корреляции и не значимы, однако тенденцию изменения φ от C установить возможно, с увеличением C наблюдается уменьшение φ .

Связи между содержанием в песке масла моторного и φ ($r_{м.м}=0,82$), а также между содержанием масла трансмиссионного и φ ($r_{м.м}=0,77$) положительные. То есть с увеличением C угол трения возрастает.

На основании выявленных закономерностей рассчитаны, с использованием регрессионного анализа, следующие математические модели для прогноза углов внутреннего трения φ_c :

для песка, загрязненного маслом моторным

$$\varphi_c = 22,9031 + 0,2959 C_{\text{м.м.}}$$

где $C_{\text{м.м.}}$ – концентрация масла моторного, как поровой жидкости;

для песка насыщенного маслом трансмиссионным

$$\varphi_c = 25,2449 + 0,1735 C_{\text{м.т.}}$$

где $C_{\text{м.т.}}$ – концентрация масла трансмиссионного, как поровой жидкости.

Следует отметить, что наиболее надежные данные по углу внутреннего трения песков можно получить при загрязнении их от 7 % до 20 %.

В песках крупнозернистых изменение угла внутреннего трения от содержания в них углеводородов подобно вышеописанному (в песках средней крупности). Так с увеличением содержания в порах песка воды и дизельного топлива наблюдается уменьшение углов внутреннего трения. При этом установлена статистическая связь между содержанием в песке воды и φ , о чем свидетельствует значимое значение коэффициента корреляции $r_{\text{в.}} = -0,97 > r_{\text{к}} = 0,81$. Связь между $C_{\text{д.т.}}$ и φ также отрицательная и составляет $r_{\text{д.т.}} = -0,75$. Для песков загрязненных маслами моторным и трансмиссионным наблюдается обратная зависимость. С увеличением содержания этих загрязнителей в песках их углы внутреннего трения, наоборот растут. Так установлена статистическая связь между φ и содержанием в песках масла трансмиссионного ($r_{\text{м.т.}} = 0,91 > r_{\text{к}} = 0,81$). Между $C_{\text{м.м.}}$ и φ так же наблюдается прямая связь ($r_{\text{м.м.}} = 0,27$).

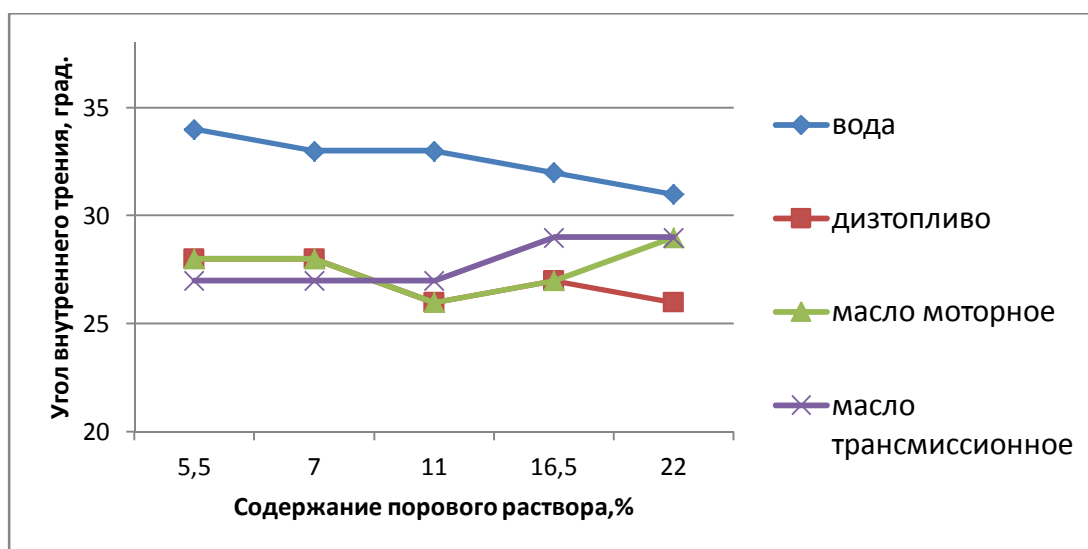


Рисунок 4.3. Изменение угла внутреннего трения (ϕ) в зависимости от влажности и содержания углеводов в песках крупнозернистых

На основании выявленных закономерностей для крупнозернистого песка рассчитаны математические модели по прогнозу прочностных свойств (ϕ_k) песков загрязненных водой и маслом трансмиссионным:

для песка загрязненного маслом трансмиссионным

$$\phi_k = 25,9899 + 0,146 C_{\text{м.т}},$$

где $C_{\text{м.т}}$ – концентрация масла трансмиссионного, как поровой жидкости;

для песка насыщенного водой

$$\phi_k = 34,5951 - 0,1609 C_{\text{в}},$$

где $C_{\text{в}}$ – влажность песка.

Следует отметить, что наиболее надежные данные по углу внутреннего трения песков можно получить при загрязнении их от 5,5 % до 22 %.

Таким образом, установлены взаимосвязи между прочностными характеристиками песков и содержанием в них углеводов. Рассчитаны уравнения связи. В песках средне- и крупнозернистых при изменении поровой жидкости в ряду вода, дизельное топливо, масла моторное и трансмиссионное наблюдается изменение природы формирования углов внутреннего трения в диапазоне дизельное топливо – масло моторное. Вероятно, одним из признаков такой инверсии ϕ является вязкость углеводородного загрязнителя.

В третьей серии экспериментов изучалось влияние вязкости порового раствора на изменение углов внутреннего трения песков разной крупности. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 4.4.

Пески мелкие. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от вязкости углеводородов различной концентрации приведено на рисунке 4.4.

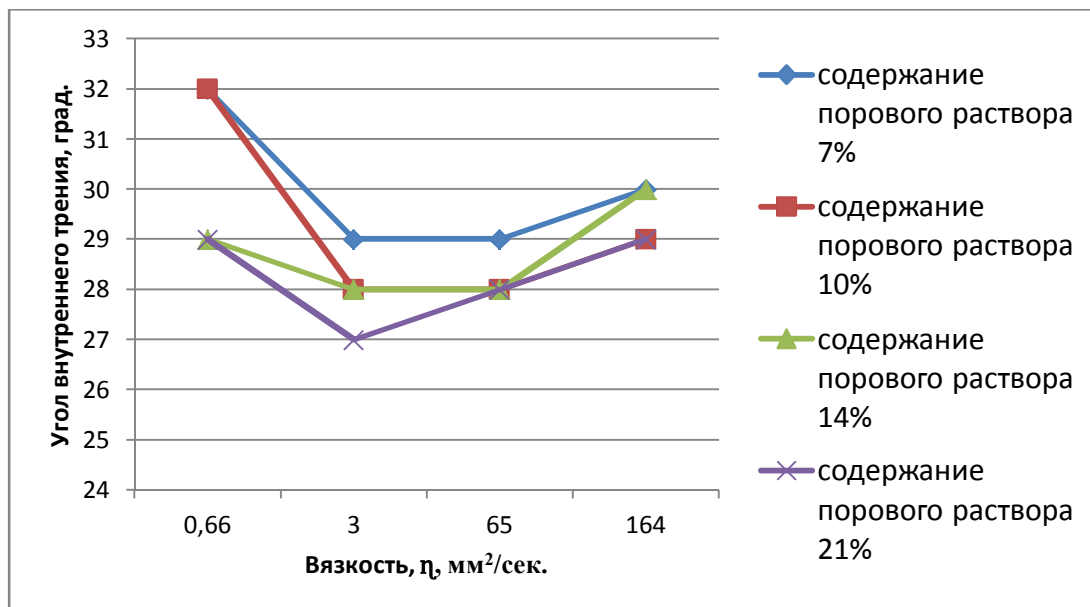


Рисунок 4.4. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от вязкости углеводородов в песках мелких

Из рисунка 4.4 видно, что при изменении вязкости поровой жидкости от $\eta=0,66$ мм²/сек.(вода) до $\eta=3$ мм²/сек (дизельное топливо) наблюдается уменьшение углов внутреннего трения песков. В диапазоне вязкости от $\eta=3$ мм²/сек (дизельное топливо) до $\eta=65$ мм²/сек (масло моторное) существенных изменений φ не наблюдается. При увеличении вязкости от $\eta=65$ мм²/сек (масло моторное) до $\eta=164$ мм²/сек (масло трансмиссионное) наблюдается увеличение углов внутреннего трения песков. Следует отметить, что вязкость оказывает наиболее значительное влияние на изменение угла внутреннего трения песков при их загрязнении до 10 %.

В песках средней крупности наибольшие изменения φ установлены также в диапазоне вязкости порового раствора от $\eta=0,66$ мм²/сек до $\eta=3$ мм²/сек (рисунок 4.5).

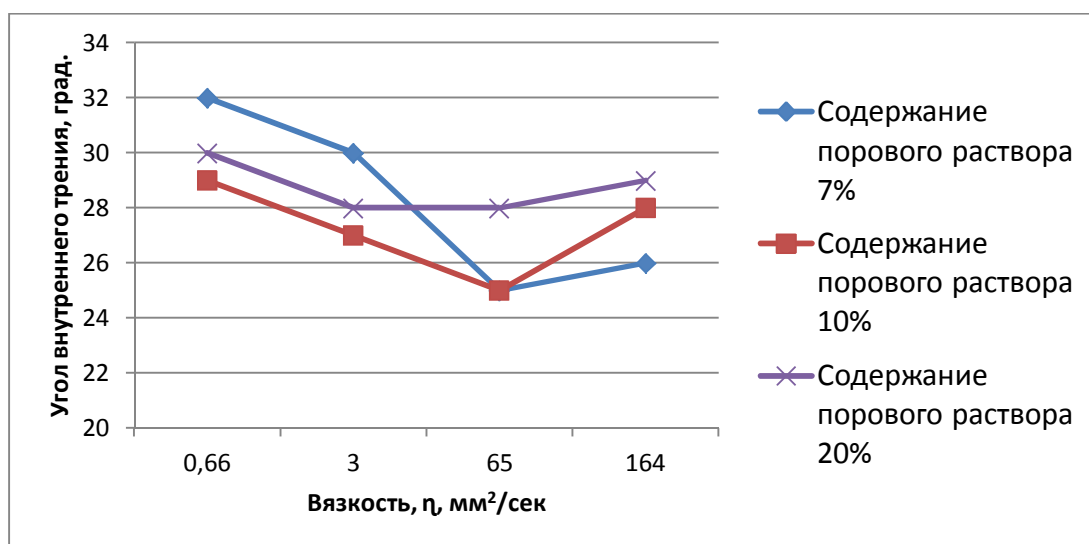


Рисунок 4.5. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от вязкости углеводородов в песках средней крупности

Для песка крупнозернистого наблюдаются подобные же закономерности, с увеличением вязкости порового раствора до $\eta=3$ мм²/сек. наблюдается уменьшение углов внутреннего трения, при дальнейшем увеличении до $\eta=164$ мм²/сек. угол трения, наоборот возрастает (рисунок 4.6).

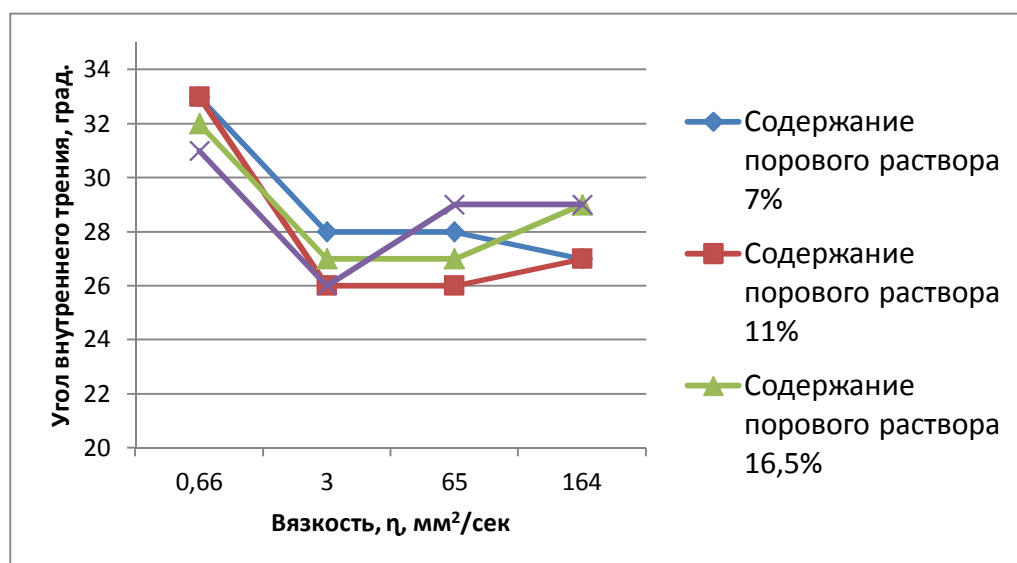


Рисунок 4.6. Изменение угла внутреннего трения (φ) в зависимости от вязкости углеводородов в песках крупнозернистых

Таким образом, установлено закономерное изменение углов внутреннего трения песков в зависимости от вязкости поровой жидкости. При увеличении вязкости поровой жидкости от $\eta=0,66$ мм²/сек.(вода) до $\eta=3$ мм²/сек (дизельное

топливо) наблюдается уменьшение углов внутреннего трения песков. При увеличении вязкости до $\eta=164$ мм²/сек (масло трансмиссионное) наблюдается увеличение углов внутреннего трения песков. Данную закономерность можно объяснить следующим образом. Поровая жидкость (углеводороды) характеризующаяся значениями вязкости до 3–65 мм²/сек при сдвиге песков выполняет роль «смазки» между частицами песка, поэтому ϕ естественно уменьшается. При увеличении вязкости до $\eta=164$ мм²/сек, углеводороды, наоборот, «склеивают» частицы песка между собой и при сдвиге в работу вступает наряду с трением песчаных частиц и трение, вызванное перемещением самих углеводородов. При этом трение между частицами песка, «клеем» которых является водный раствор, всегда выше, чем трение частиц, «клеем» которых является углеводородный загрязнитель. Это подтверждается также результатами первого эксперимента.

Влияние вязкости и гранулометрического состава на изменение угла внутреннего трения песков. На рисунке 4.7 приведены данные по изменению угла внутреннего трения (ϕ) в зависимости от вязкости углеводородов в песках разной крупности при степени их загрязнения от 20%-22%. Из рисунка видно, что наибольшие изменения угла внутреннего трения характерно для песков крупнозернистых. В мелко- и среднезернистых песках влияние вязкости порового раствора на изменение углов внутреннего трения оказывает одинаковое влияние.

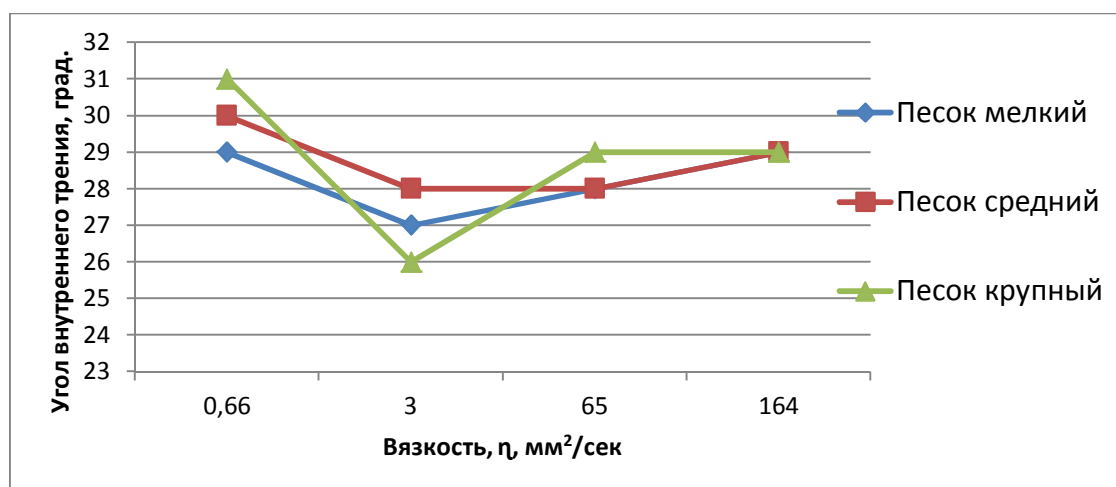


Рисунок 4.7. Изменение угла внутреннего трения (ϕ) в зависимости от вязкости углеводородов в песках разной крупности при степени их загрязнения от 20%–22%

Заключение

1. Дана оценка инженерно-геологических условий трассы нефтепровода на Северо-Харьягинском нефтяном месторождении.

Геологическое строение в пределах глубины изысканий (10,0–15,0 м) характеризуется развитием средне-верхнечетвертичных озерно-аллювиальных отложений и нижнечетвертичных ледниковых и ледниково-морских отложений. Условия залегания и распространения литолого-генетических разновидностей грунтов, их мощности отражены на чертежах, описаны в главах 2.3–2.4 и в прил. 5.2, 5.3.

В гидрогеологическом отношении район относится к Большеземельскому артезианскому бассейну второго порядка Печорского артезианского бассейна [11].

Гидрогеологические условия участка изысканий по материалам настоящих (ноябрь – декабрь) изысканий характеризуются развитием подземных вод в озерно-аллювиальных отложениях.

Подземные воды широко развиты в пределах исследуемого участка на глубинах 0,3–2,0 м, установившийся уровень отмечен на тех же глубинах на отметках 134,77–152,68 (Балтийская система высот).

По характеру подтопления застраиваемая территория согласно п.п.2.94-2.101 «Пособия...» [52] относится к подтопленной и потенциально-подтопляемой.

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевые, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевые, гидрокарбонатно-кальциево-натриевые. Воды пресные с минерализацией 0,33÷0,80 г/л. Согласно химанализам подземные воды обладают слабой общекислотной, слабой углекислотной агрессивностью по отношению к бетону нормальной проницаемости (марки W4) и подземные воды не агрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании.

Согласно химанализам водной вытяжки грунтов, коррозионная агрессивность грунтов по отношению к свинцовой оболочке кабеля – средняя, к алюминиевой оболочке кабеля – средняя, к бетону – неагрессивная.

В соответствии с полевым описанием грунтов, лабораторными данными и классификацией грунтов по ГОСТ 25100-2011 [22] на участке изысканий выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

- ИГЭ 1 – суглинок мягкопластичный (laQ_{III-IV});
- ИГЭ 2 – суглинок слабодыстый пластичномерзлый (laQ_{III-IV});
- ИГЭ 3 – суглинок тугопластичный (g, gmQ_I);
- ИГЭ 4 – суглинок слабодыстый пластичномерзлый (g, gmQ_I).

Показатели физико-механических свойств выделенных инженерно-геологических элементов (ИГЭ) приведены в главе 1.5.

Участок изысканий относится к зоне несплошного распространения вечномерзлых пород.

Нормативная глубина сезонного промерзания для суглинков составляет 2,03 м от поверхности земли, нормативная глубина сезонного оттаивания для суглинков – 1,25 м.

По степени морозоопасности глинистые грунты в пределах глубины сезонного промерзания относятся к сильнопучинистым, как на проектируемой площадке куста № 16, так и по трассам.

По степени пучинистости при замерзании по трассе проектируемой автодороги суглинки являются сильнопучинистыми (IV группа).

Проектируемая трасса автодороги относится к I дорожно-климатической зоне. По условиям увлажнения и мерзлотно-грунтовым особенностям местность относится в основном ко второму типу, за исключением участков ложбин ПК2+70 – ПК2+85, ПК3+20 – ПК3+50, ПК5+25 – ПК5+70, где местность относится к третьему типу.

В соответствии с картами А, В, С общего сейсмического районирования (ОСР-97) участок изысканий характеризуется сейсмичностью до 5 баллов, что является неопасным для строительства проектируемых площадок.

На участке изысканий широкое развитие получили процессы подтопления. Инженерно-геологические процессы, границы их распространения отражены на карте инженерно-геологического районирования.

На участке изысканий выполнено инженерно-геологическое районирование, по результатам которого и построена карта. На картах инженерно-геологического районирования показаны основные характеристики, необходимые для принятия проектных решений в сложных условиях строительства:

- таксоны по характеру распространения ММП;
- для многолетнемерзлых грунтов указана глубина их залегания и льдистость;
- стратиграфо-генетические комплексы;
- для каждого типа стратиграфо-генетического комплекса указаны инженерно-геологические элементы и даны основные нормативные характеристики грунтов;
- выделены участки развития процессов подтопления, указаны глубины залегания подземных вод.

На карте районирования выделены территории устойчивые (I эталонный участок – I таксон) и менее устойчивые (II эталонный участок – II таксон) к деформациям участка.

Рекомендации по принципу строительства.

На основании проведенного районирования территории на площадке проектируемых сооружений преобладает II таксон. Руководствуясь положениями п. 6.1 СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» на площадке можно рекомендовать только один принцип строительства – II (ММГ использовать в оттаянном или оттаивающем состоянии). Это будет экономически целесообразно, т.к. на площадке преобладают талые грунты.

По проектируемым трассам (НГСК, автодороги, ВЛ) можно рекомендовать на отдельных участках трассы разные принципы строительства. На устойчивых участках – I принцип строительства (с сохранением ММГ в мерзлом состоянии), а на неустойчивых участках – II принцип строительства (ММГ использовать в оттаянном или оттаивающем состоянии).

2. Экспериментально установлено, что при загрязнении глинистых грунтов (глин, суглинка и супеси) маслом машинным до 2,5 % в них протекают процессы коагуляции, а при увеличении загрязнения – диспергации.

3. Наиболее интенсивно процессы агрегации и диспергации протекают в глинах. Изменение агрегатного состава легких глин за счет загрязнения их углеводородами влечет за собой изменение их физических свойств;

4. Предложен механизм агрегации и диспергации в грунтах, подверженных углеводородному загрязнению, основанный на электростатическом взаимодействии между глинистыми частицами.

5. Установлены закономерности изменения прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами. На основании выявленных закономерностей разработаны математические модели для прогноза сцепления и угла внутреннего трения глин при загрязнении их углеводородами.

6. Установлены взаимосвязи между прочностными характеристиками песков и содержанием в них углеводородов. В песках средне- и крупнозернистых при изменении поровой жидкости в ряду вода, дизельное топливо, масла моторное и трансмиссионное наблюдается изменение природы формирования углов внутреннего трения в диапазоне дизельное топливо – масло моторное. Одним из признаков такой инверсии угла внутреннего трения φ является вязкость углеводородного загрязнителя.

7. Рассчитаны прогнозные модели для определения прочностных свойств песков, подверженных углеводородному загрязнению.

8. Установлено, что при загрязнении УВ приводит к уменьшению несущей способности грунтов. Так, для ИГЭ 3 расчетные значения по несущей способности удельного сцепления уменьшится от $C=0,026$ кгс/см² до $C=0,011$ кгс/см², а угла внутреннего трения возрастет с $\varphi=15^\circ$ до $\varphi=23^\circ$.

9. Установлено закономерное изменение углов внутреннего трения песков в зависимости от вязкости поровой жидкости. При увеличении вязкости поровой жидкости от $\eta=0,66$ мм²/сек (вода) до $\eta=3$ мм²/сек (дизельное топливо) наблюдается уменьшение углов внутреннего трения песков. При увеличении

вязкости до $\eta=164$ мм²/сек (масло трансмиссионное) наблюдается увеличение углов внутреннего трения песков. Данную закономерность можно объяснить следующим образом. Поровая жидкость (углеводороды), характеризующаяся значениями вязкости до 3–65 мм²/сек, при сдвиге песков выполняет роль «смазки» между частицами песка, поэтому угол внутреннего трения ϕ естественно уменьшается. При увеличении вязкости до $\eta=164$ мм²/сек, углеводороды, наоборот, «склеивают» частицы песка между собой и при сдвиге в работу вступает наряду с трением песчаных частиц и трение, вызванное перемещением самих углеводородов. При этом трение между частицами песка, «клеем» которых является водный раствор, всегда выше, чем трение частиц, «клеем» которых является углеводородный загрязнитель, так как он все равно выполняет роль «смазки».

Список используемых источников

1. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии. – М.: Дрофа, 1997. – 115 с.
2. Бабак В.Г., Соколов В.Н., Свешникова Е.В., Осипов В.И. Прямое измерение сцепления между частицами слюды в водных растворах поливинилового спирта// Инженерная геология.1984. № 4. С.57-63. 9-15
3. Бракоренко Н.Н., Емельянова Т.Я. Влияние нефтепродуктов на петрографический состав и физико-механические свойства песчано-глинистых грунтов (на примере г. Томска). // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 342. с. 197-200.
4. Бракоренко Н.Н. Влияние нефтепродуктов на грунты и подземные воды территорий автозаправочных станций (на примере г. Томска): автореферат на соискание ученой степени к.г.-м.н. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, 2013.
5. Бондарик Г.К., Ярг Л.А., Инженерно-геологические изыскания. М.: Изд-во КДУ, 2007. 424с.
6. Бракоренко Н. Н., Емельянова Т. Я. Типизация грунтовых толщ по составу и проницаемости в связи с прогнозом загрязнения их нефтепродуктами (на примере г. Томска). Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 10 июня 2007 г.
7. Векилов Ю.Х. Межатомное взаимодействие и электронная структура твердых тел. Соревский образовательный журнал, № 11,1996. С.80-86.
8. ВНМД 34-78. Руководство по полевой документации инженерно-геологических работ при изысканиях для строительства.
9. Галиахметова А.В., Ядзинская М.Р., Канева И.В. «Оценка природных и техногенных условий для целей инженерной защиты трубопроводов в криолитозоне»// Инженерные изыскания. 2013.№ 1 с. 52-55
10. Галкин В.И., Середин В.В., Бачурин В.А. Применение вероятностно-статистических моделей при изучении распределения углеводородов в грунтах и выборе технологий их санации. Пермь: РИО ПГТУ, 1999. 140 с.

11. Гидрогеология СССР. Т. XLII. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области. – М.: Недра, 1970.
12. ГОСТ 9.602-2005*. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии / Государственный комитет по стандартам. – М., 1989.
13. ГОСТ 25358-82. Грунты. Методы полевого определения температуры.
14. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
15. ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
16. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
17. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
18. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.
19. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов изысканий.
20. ГОСТ 21.302-96. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям.
21. ГОСТ 23740-79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ.
22. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
23. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
24. ГОСТ 30416-96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
25. ГОСТ 30672-99 Грунты. Полевые испытания. Общие положения.
26. ГОСТ 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий.

27. Григорьева И.Ю. Нефтяное загрязнение грунтов: инженерно-геологический и эколого-геологический аспекты. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG (Германия), 2010. 198 с.
28. ГЭСН 81-02-Пр-2001. Приложения. – М., 2009.
29. Дашко Р.Э. Проблемы геоэкологии в геотехнике. Реконструкция городов и геотехническое строительство, вып. 7, 2003 г.
30. Ершов Э.Д., Нефедьева Ю.А., Мотенко Р.Г., Пармузин С.Ю. Прогноз изменения глубины сезонного оттаивания и промерзания грунтов под влиянием нефтяного загрязнения. // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 2008. № 6. с. 47–51.
31. Жараспаев М.Т., Муратова С.К. Разработка метода оценки загрязнения грунтов от разлива нефти на участка нефтепровода. Вестник КазНТУ, вып. 4, 2010 .
32. Злочевская Р.И., Королев В.А. Электроповерхностные явления в глинистых породах. М.: Изд-во МГУ, 1988. С.177
33. Злочевская Р.И., Королев В.А., Кривошеева З.А., Сергеев Е.М. О природе изменения свойств связанной воды в глинах под действием повышающих температур и давлений. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Геология, № 3, 1977. С.80-96.
34. Инженерная геология СССР. Т. I. Русская платформа. – М.: Издательство Московского Университета, 1978. – 527 с.
35. Казенников А. П. Исследование физико-механических свойств грунтов, загрязненных нефтепродуктами // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России». М.: МГУП, 2009.
36. Каченов В.И., Середин В.В., Карманов С.В. Исследование физико-механических свойств грунтов, загрязненных углеводородами // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2011. с. 164-165
37. Копылов Ю.Н. Изменение свойств песчаного и глинистого грунта в результате воздействия моторного масла. // Сборник научных статей молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003. С. 31–33.

38. Кравцова О. Н. , Малышев А. В., Старостин Е. Г., Степанов А. В., Тимофеев А. М. Влияние загрязнения нефтепродуктами на количество незамерзшей воды и фильтрационные свойства грунтов. // Наука и образование. 2005. № 1. С. 74–77.

39. Краснощекова Н.Н. (Бракоренко Н.Н.). Влияние нефтепродуктов на физико-механические свойства грунтов // Труды VII Международного научного симпозиума им. акад. М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». Томск, 2003. с. 174–176.

40. Круподеров И.В., Мосейкин В.В. Моделирование углеводородного загрязнения геологической среды на территории Воронежской нефтебазы ОАО «Воронежнефтепродукт» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 11. С. 273-281.

41. Куковский Е.Г. О взаимодействии смежных слоев в структуре диккита и каолинита //Рентгенография минерального сырья.М.,Недра, 1970.Вып.№ 7. С.166-179.16-19

42. Кульчицкий Л.И., Усъяров О.Г. Физико-химические основы формирования свойств глинистых пород. М.: Недра.- 1981.-178с.

43. Лейбович Л. О., Середин В. В., Пушкарева М. В., Чиркова А. А., Копылов И. С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13–16.

44. Мотенко Р. Г., Нефедьева Ю.А. Роль трансформации нефтяного загрязнения в изменении свойств грунта слоев сезонного оттаивания и сезонного промерзания // Геоэкология. 2013. № 6. С. 538–551.

45. Мотенко Р.Г., Нефедьева Ю.А., Гераскина Е.В. Преобразование физических свойств нефтезагрязненных мерзлых грунтов. // Тезисы международной конференции «Приоритетные направления в изучении криосферы Земли». Пущино, 2005. С. 65–66.

46. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почв М.: Наука, 1967. - 584 с.

47. Нефедьева Ю.А. Роль трансформации нефтяного загрязнения в изменении свойств грунтов слоев сезонного оттаивания и сезонного промерзания: автореферат на соискание ученой степени к.г.-м.н. МГУ, 2010.
48. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. М.: ГЕОС, 2013. 576 с.
49. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. М.: Недра, 1989.-211с
50. Осипов В.И. Природа структурных связей в глинистых породах.- В сб. Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. М.:1978, вып.4, с.22-36.
51. Осовецкий Б. М., Растегаев А. В., Ибламинов Р. Г., Каченов В. И., Ядзинская М. Р. Изучение влияния масла моторного, как поровой жидкости на прочностные свойства песков. // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4.
52. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83*). – М.: Стройиздат, 1986. – 414 с.
53. Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.03.11-85). – М., 1987.
54. Пособие по составлению и оформлению документации инженерных изысканий для строительства. Ч. 2. Инженерно-геологические (гидрогеологические) изыскания. – М.: Стройиздат, 1986. – 159 с.
55. Райтбурд Ц.М., Кульчитский Л.И., Слонимская М.В., Салынь А.Л. О природе энергетической неоднородности адсорбированной воды глин. В сб. «Криогенные процессы в горных породах». М.: Наука, 1965. С.55-64.
56. РСН 51-84 Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов.
57. Сергеев Е.М., Голодковская Г. А., Зиангиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. Грунтоведение. М.: МГУ, 1973. 388с.
58. Середин В. В., Каченов В. И., Ситева О. С., Паглазова Д. Н. Изучение закономерностей коагуляции глинистых частиц. // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–14. С. 3189–3193.

59. Середин В. В., Ядзинская М. Р. «Закономерности изменения прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных нефтепродуктами» //Инженерная геология № 2, 2014. С. 26-32.

60. Середин В. В., Ядзинская М. Р. Исследование механизма агрегации частиц в глинистых грунтах при загрязнении их углеводородами. Фундаментальные исследования. 2014. № 8 (Часть 6). С. 1408-1412.

61. Середин В. В., Ядзинская М. Р. Районирование территории коридора коммуникаций на Северо-Харьягенском нефтяном месторождении. Современные проблемы науки и образования. 2014.

62. Середин В.В., Ядзинская М.Р., Красильников П.А. Прогноз прочностных свойств песков, загрязненных углеводородами // Инженерная геология. 2014. № 6. С.50-55

63. Середин В.В. Исследование влияния вязкости поровой жидкости (углеводородов) на прочностные свойства песков. Инженерная геология. 2014. № 4. С. 45-48

64. Середин В.В., Красильников П.А., Чижова В.А. Влияние вязкости поровой жидкости (углеводородов) на модуль деформации глины. Инженерная геология. 2015. № 4. С. 60-63.

65. СНиП 2.01.07-85* (2003). Нагрузки и воздействия. – М., 2003. – 55 с.

66. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. – М., 2006. – 48 с.

67. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. – М., 2006. – 46 с.

68. СНиП 2.05.02–85. Автомобильные дороги / ГК СССР по делам строительства. – М., 1986.

69. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. – М., 2004.

70. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., 1997. – 43 с.

71. СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. – М., 2003. – 41 с.
72. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – М., 2003. – 56 с.
73. СНиП III-42-80*(2000). Магистральные трубопроводы. – М.
74. Соколов В.Н. Исследование формирования структурных связей в глинах при их дегидратации. -Автореф. дисс.М.:МГУ.1973.-21с.
75. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. I. Общие правила производства работ. – М., 1997. – 47 с.
76. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. – М., 2000. – 92 с.
77. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. – М., 2000. – 92 с.
78. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.
79. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
80. СП 25.13330.2012/ Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. – М., 2013.
81. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. – М.: 2012.
82. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85.
83. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. – М., 2012.

84. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский В.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Грунтоведение. М.: Изд-во МГУ, 2005. 1024 с
85. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы): учебник для вузов. - М.: Химия, 1982. - 400 с.
86. Фукс Г.И. О силах контактных взаимодействий твердых частиц в жидкой среде // Успехи коллоидной химии. М., Наука, 1973. С. 117-129.
87. Шевченко Л.В., Ширшова И.В. Прочностные свойства мерзлых глинистых грунтов // Геоэкология. 2002. № 1. С. 78–84.
88. Щукин Е.Д., Юсупов Р.К., Амелина Е.А., Ребиндер П.А. Экспериментальное исследование сил сцепления в индивидуальных микроскопических контактах между кристалликами при поджиге и спекании // Коллоидный журн. 1969. Т. 31. № 6. С. 913-918. 3-8
89. Ядзинская М.Р., Агеева Т.А «Исследование процессов диспергации и агрегации грунтов при загрязнении их углеводородами» // Сборник научных трудов «Геология в развивающемся мире», Том II, 2014 г, с.51-53;
90. Ядзинская М.Р., Галиахметова А.В., Соловьева И.В. «Сравнительный анализ методов определения осадки при оттаивании многолетнемерзлых грунтов (на примере Заполярья)» // Инженерная геология. 2011. № 4. с.58-60;
91. Ядзинская М.Р., Галиахметова А.В. «Инженерно-геологические изыскания в районах островного распространения многолетнемерзлых грунтов» // Инженерные изыскания, 2009 г. № 12., с. 52-56.
92. Pike E.R. Light Scattering and Photon Correlation Spectroscopy / E.R. Pike, J.B. Abbiss. – Kluwer Academic Publishers, 1997.

Текстовые приложения

**Приложение А. Каталог высот и
координат скважин**

КАТАЛОГ
высот и координат выработок на площадках
Система координат Местная
Система высот Балтийская

NN п/п	Наименование и номер выработки	Дата проходки	Глубина выработки, м	Отметка устья выработки, м	Координаты	
					X	Y
1	2	3	4	5	6	7
Площадка куста №16						
1.	с-18а	26.11.10	12,0	138,45	7491992,51	466075,39
2.	с-19	27.11.10	12,0	136,87	7492141,20	466051,26
3.	с-20	27.11.10	12,0	139,79	7492191,27	466113,67
4.	с-21	27.11.10	12,0	141,98	7491955,10	466107,67
5.	с-22	28.11.10	15,0	145,01	7491990,14	466165,64
6.	с-23	28.11.10	13,0	146,75	7491990,07	466212,29
7.	с-24	29.11.10	15,0	140,78	7492040,18	466126,97
8.	с-25	29.11.10	15,0	140,78	7492090,20	466126,96
9.	с-26	29.11.10	12,0	140,56	7492139,49	466119,11
10.	с-27	30.11.10	15,0	140,36	7492174,79	466122,49
11.	с-28	30.11.10	12,0	137,50	7492240,19	466098,49
12.	с-29	01.12.10	15,0	138,98	7492241,19	466117,70
13.	с-30	01.12.10	15,0	142,60	7492241,19	466212,64
14.	с-31	01.12.10	15,0	144,58	7492191,44	466211,51
15.	с-32	02.12.10	15,0	145,42	7492142,21	466208,03
16.	с-33	02.12.10	15,0	145,02	7492093,22	466211,73
17.	с-34	02.12.10	12,0	145,83	7492040,43	466209,57
18.	с-35	03.12.10	15,0	144,87	7492040,50	466168,50
19.	с-36	03.12.10	15,0	143,06	7492092,20	466162,65
20.	с-37	04.12.10	15,0	142,73	7492141,91	466160,32
21.	с-38	04.12.10	12,0	142,52	7492191,69	466161,51
22.	с-39	05.12.10	15,0	141,06	7492241,32	466162,64
23.	с-40	05.12.10	15,0	137,69	7492189,93	466083,11
24.	с-41	06.12.10	13,0	138,28	7492142,80	466085,03
25.	с-42	06.12.10	15,0	139,41	7492092,37	466098,46
26.	с-43	07.12.10	15,0	140,66	7491994,06	466113,95
27.	с-44	07.12.10	15,0	138,09	7491993,16	466030,76
28.	с-45	08.12.10	15,0	137,37	7492043,30	466051,31
29.	с-46	08.12.10	15,0	136,83	7492093,30	466051,31
30.	с-47	09.12.10	15,0	136,12	7492190,77	466051,10
31.	с-48	09.12.10	12,0	135,17	7492240,80	466050,42
32.	с-49	09.12.10	15,0	139,23	7492042,37	466098,46
33.	с-50	07.12.10	12,0	142,63	7491992,55	466133,89
34.	с-51	07.12.10	12,0	140,33	7491974,83	466110,92
35.	с-52	07.12.10	12,0	140,20	7492159,41	466120,87

КАТАЛОГ
высот и местоположения выработок по трассам
Система координат Местная
Система высот Балтийская

NN п/п	Наименование и номер выработки	Дата проходки	Глубина выработки, м	Отметка устья выработки, м	Местоположение	Координаты	
						X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
Трасса ВЛ 10 кВ «куст скважин №14 – КТПН куст скважин №16» (линия от ф. 5)							
36.	с-1	19.11.10	12,0	149,54	ПК0+59	7490861,07	466953,08
37.	с-3	20.11.10	12,0	151,28	ПК2	7490915,39	466819,89
38.	с-3а	20.11.10	12,0	152,65	ПК2+56	7490936,80	466770,78
39.	с-4а	20.11.10	12,0	151,81	ПК3+20	7490962,48	466711,93
40.	с-6а	20.11.10	12,0	150,30	ПК5+70	7491058,54	466487,29
41.	с-8а	22.11.10	10,0	149,43	ПК6+50 лево б м	7491117,95	466423,11
42.	с-17	25.11.10	12,0	145,30	ПК13+30	7491732,92	466133,63
43.	с-18б	26.11.10	12,0	137,20	ПК15+60	7491938,13	466029,98
Трасса внутрипромысловой автодороги от куста скважин №14 на куст скважин №16							
44.	с-4	20.11.10	12,0	153,18	ПК0 лево 10 м	7490986,97	466702,86
45.	с-5	21.11.10	12,0	153,00	ПК1	7491034,66	466616,71
46.	с-6	22.11.10	12,0	151,90	ПК2	7491073,82	466525,23
47.	с-7	22.11.10	12,0	151,88	ПК2+55	7491104,03	466479,97
48.	с-8	22.11.10	10,0	150,23	ПК2+80	7491123,10	466462,86
49.	с-9	23.11.10	12,0	150,93	ПК3	7491139,66	466451,70
50.	с-10	23.11.10	10,0	149,91	ПК3+35	7491172,24	466434,17
51.	с-11	23.11.10	12,0	152,93	ПК4	7491229,92	466406,26
52.	с-12	24.11.10	12,0	152,61	ПК4+70	7491293,40	466375,34
53.	с-13	24.11.10	10,0	151,37	ПК5+45	7491360,03	466343,51
54.	с-14	24.11.10	12,0	153,44	ПК6	7491408,81	466319,07
55.	с-15	25.11.10	12,0	154,87	ПК7	7491499,35	466275,49
56.	с-16а	25.11.10	12,0	154,22	ПК8	7491589,02	466232,03
57.	с-16	25.11.10	12,0	152,98	ПК8+50	7491634,29	466209,13
58.	с-17б	26.11.10	12,0	142,53	ПК11	7491859,06	466100,17
Трасса нефтегазосборного трубопровода «куст скважин №16 – точка врезки куст скважин №14»							
59.	с-18	26.11.10	12,0	141,39	ПК0	7491949,57	466086,42
60.	с-17а	26.11.10	12,0	148,83	ПК2+20	7491749,12	466171,50
61.	с-4б	21.11.10	12,0	153,71	ПК11+55	7491023,29	466695,86
62.	с-2	19.11.10	12,0	153,97	ПК13+88	7490935,09	466901,92
63.	с-1а	19.11.10	12,0	151,37	ПК14+70	7490931,78	466973,82

Приложение Б. Таблица физико-механических свойств талых грунтов

**Приложение В. Таблица физических
свойств многолетнемерзлых грунтов**

**Приложение Г. Паспорта глинистых
грунтов**

Паспорт грунта №1

Прочностные свойства

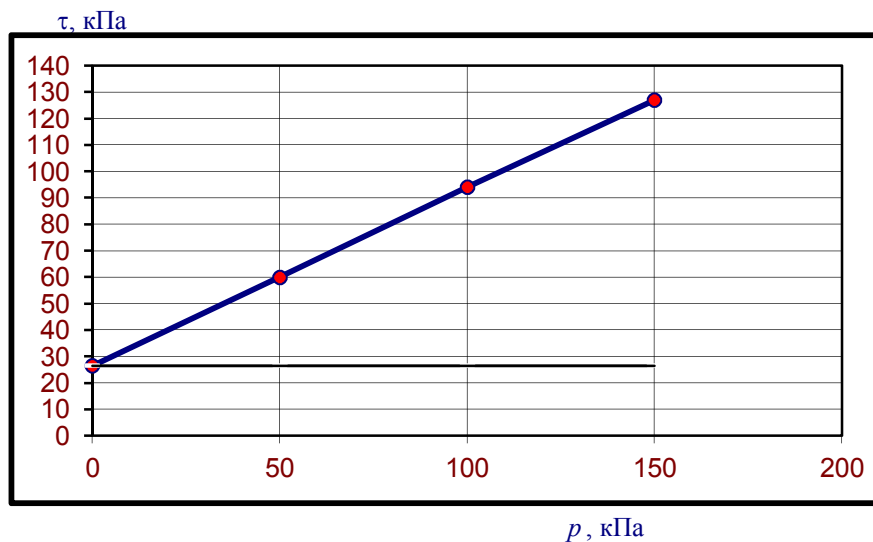
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
12% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
60	50
94	100
127	150

$$\varphi = 34^{\circ} \quad c = 27 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,67$$



Паспорт грунта №2

Прочностные свойства

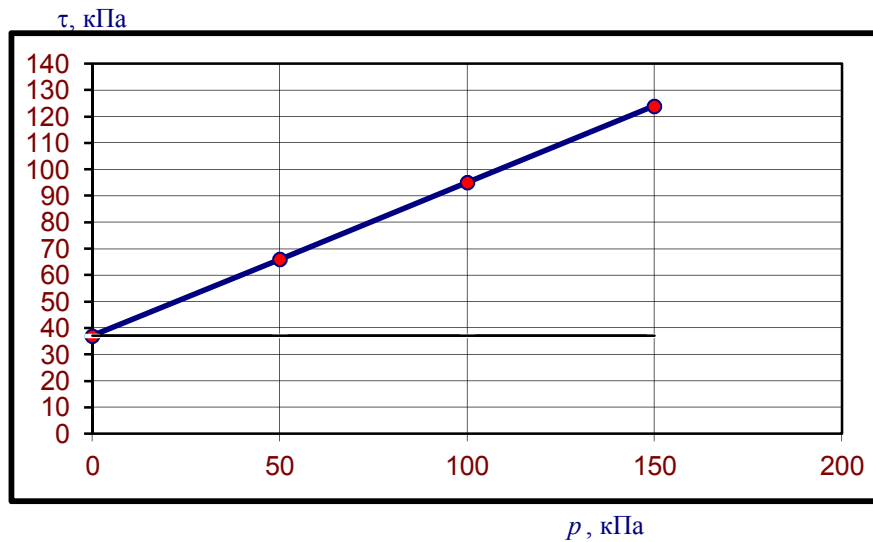
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
15% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
66	50
95	100
124	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 37 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №3

Прочностные свойства

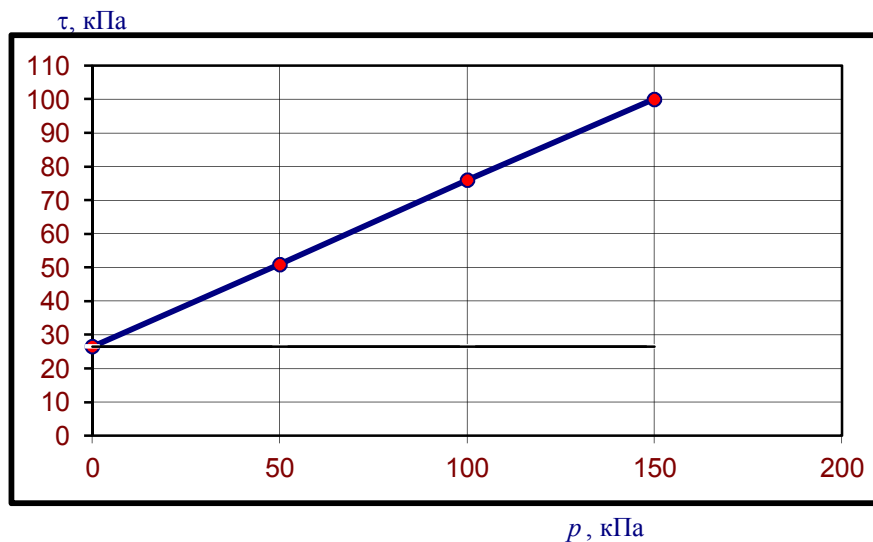
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
20% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
51	50
76	100
100	150

$$\varphi = 26^{\circ} \quad c = 27 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,49$$



Паспорт грунта №4

Прочностные свойства

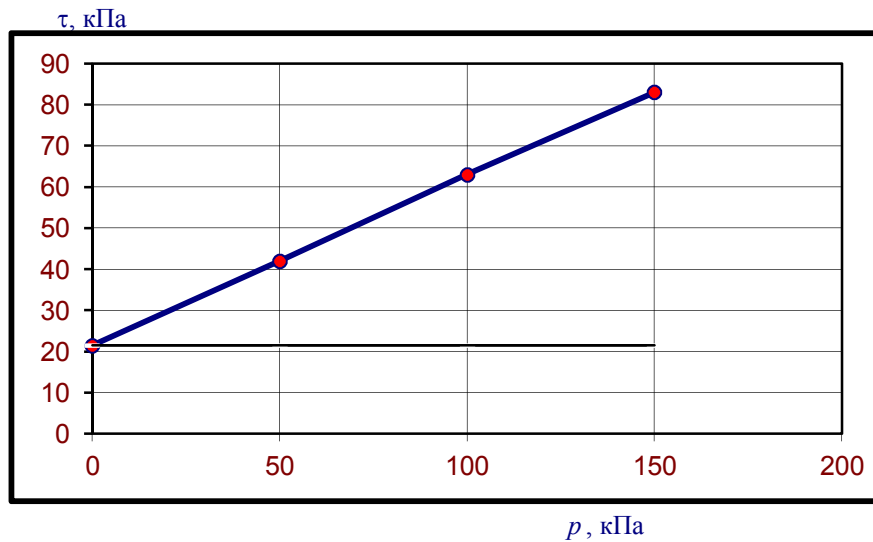
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
25% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
42	50
63	100
83	150

$$\varphi = 22^{\circ} \quad c = 22 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,41$$



Паспорт грунта №5

Прочностные свойства

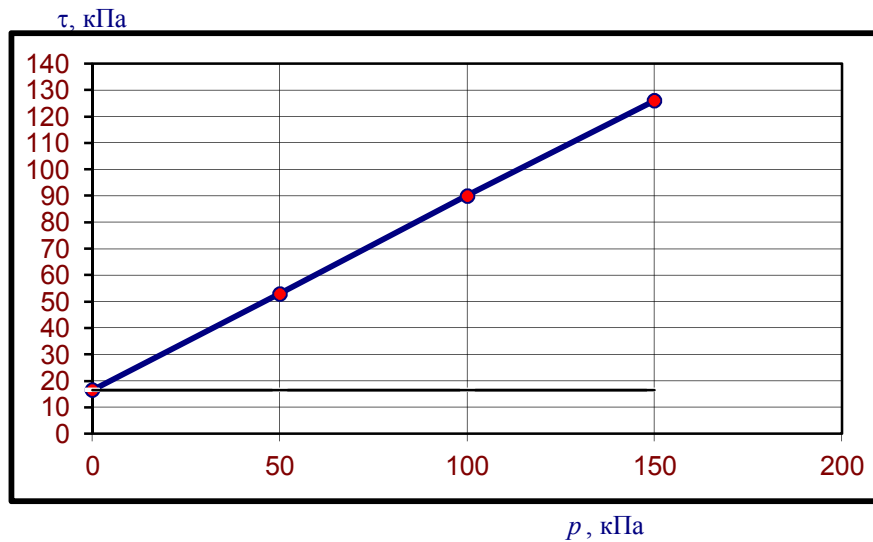
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
7% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
53	50
90	100
126	150

$$\varphi = 36^{\circ} \quad c = 17 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,73$$



Паспорт грунта №6

Прочностные свойства

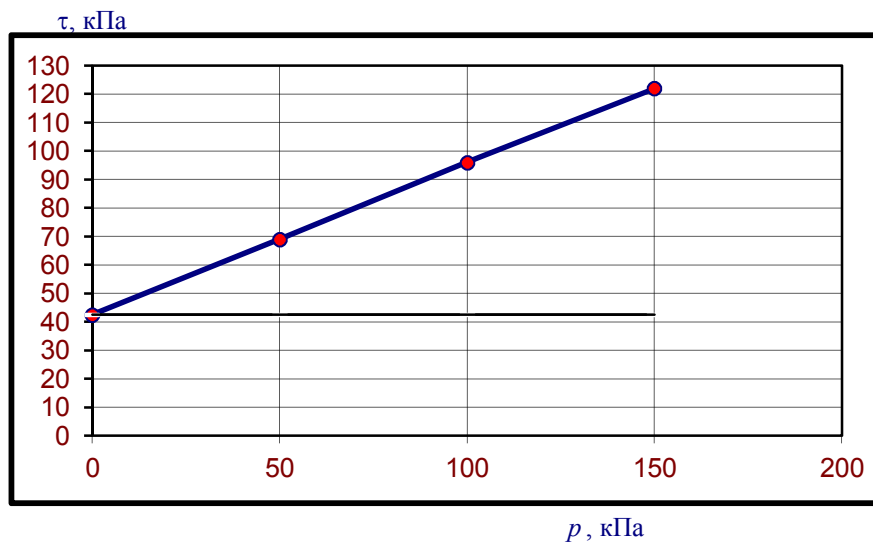
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
10% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
69	50
96	100
122	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 43 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №7

Прочностные свойства

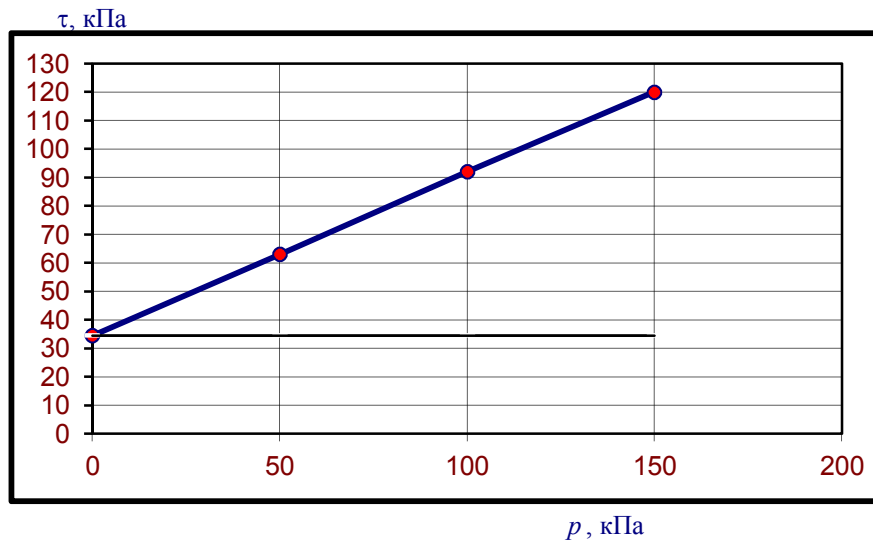
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
12% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
63	50
92	100
120	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 35 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,57$$



Паспорт грунта №8

Прочностные свойства

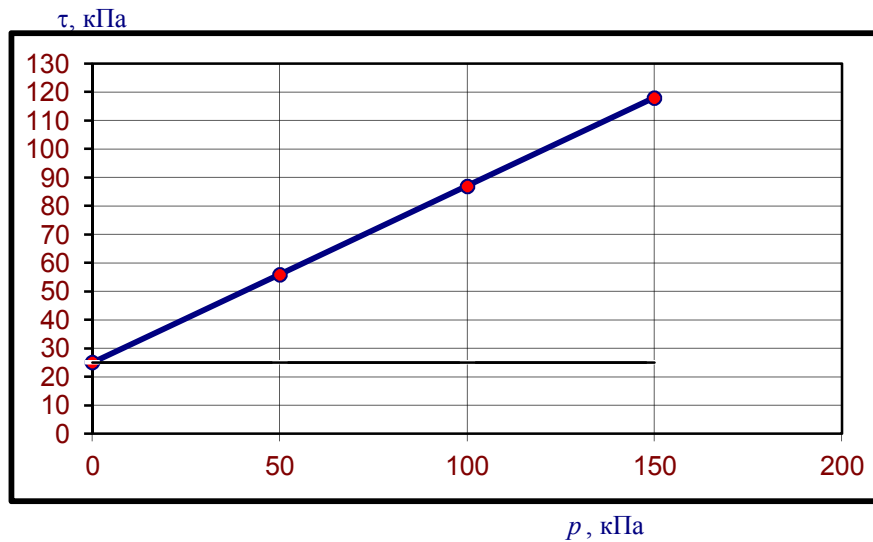
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
15% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
56	50
87	100
118	150

$$\varphi = 32^{\circ} \quad c = 25 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,62$$



Паспорт грунта №9

Прочностные свойства

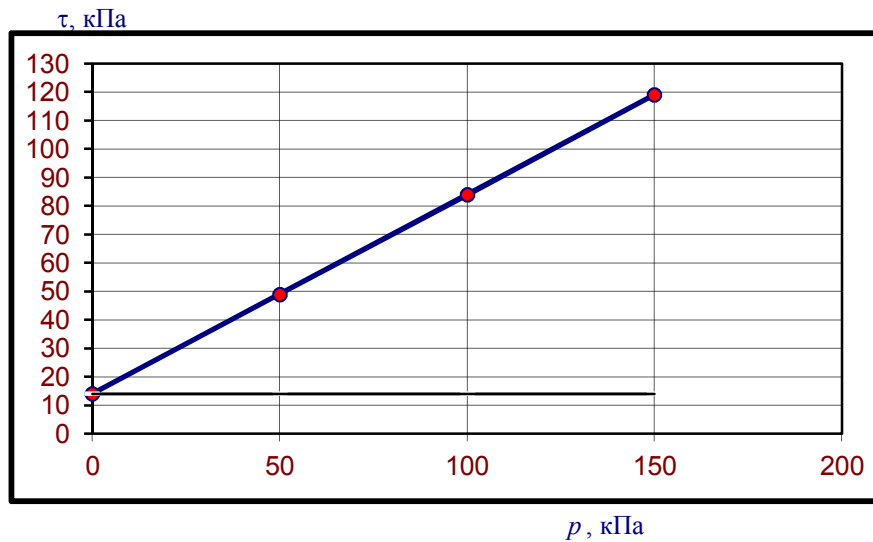
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
18% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
49	50
84	100
119	150

$$\varphi = 35^{\circ} \quad c = 14 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,70$$



Паспорт грунта №10

Прочностные свойства

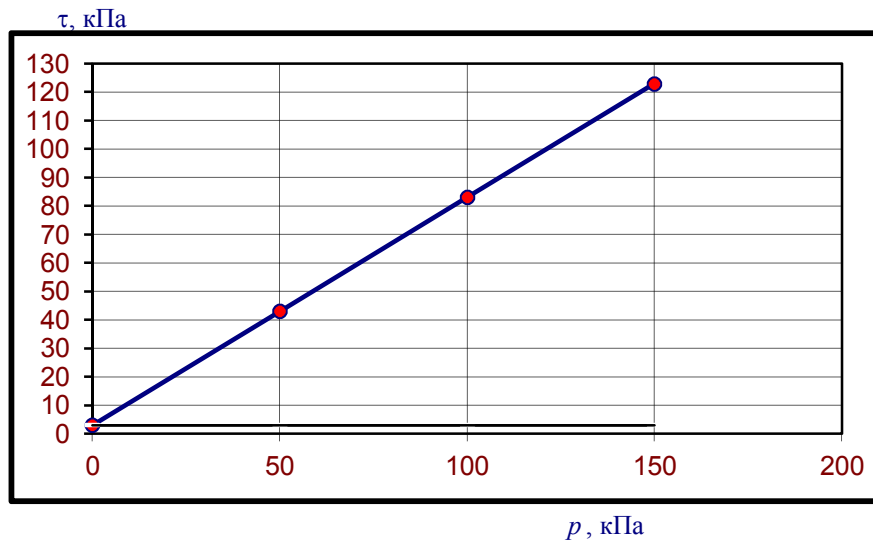
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок пылеватый
с добавлением
20% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
43	50
83	100
123	150

$$\varphi = 39^{\circ} \quad c = 3 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,80$$



Паспорт грунта №11

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

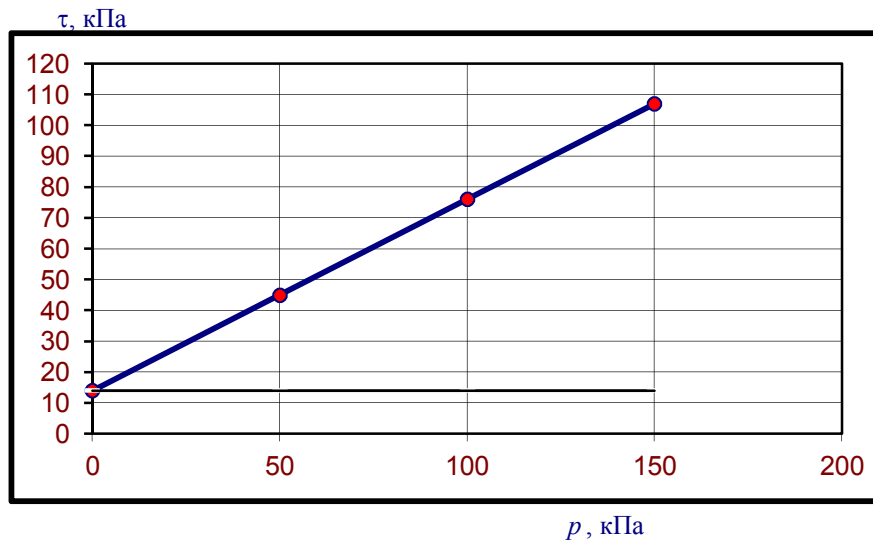
Суглинок песчанистый
грунта с добавлением
12% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
45	50
76	100
107	150

$$\varphi = 32^{\circ}$$

$$c = 14 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,62$$



Паспорт грунта №12

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

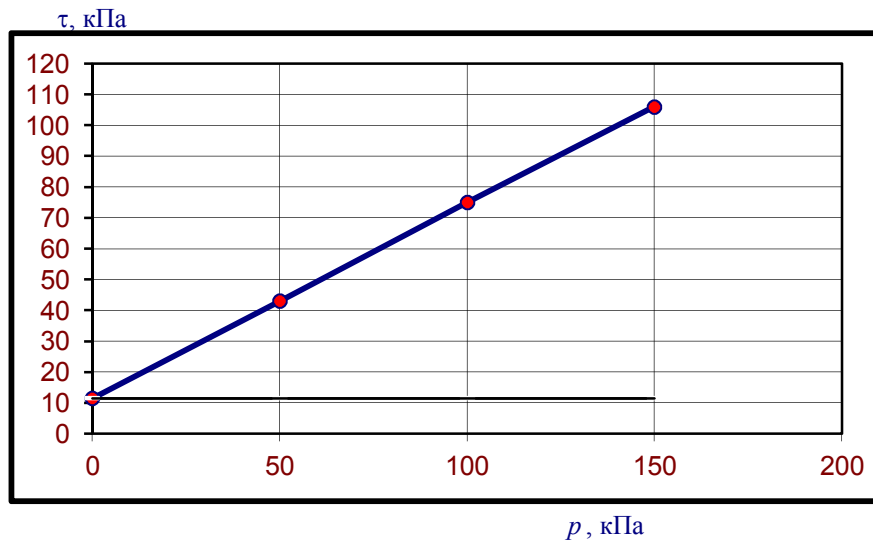
Суглинок песчанистый
с добавлением
15% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
43	50
75	100
106	150

$$\varphi = 32^{\circ}$$

$$c = 12 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,63$$



Паспорт грунта №13

Прочностные свойства

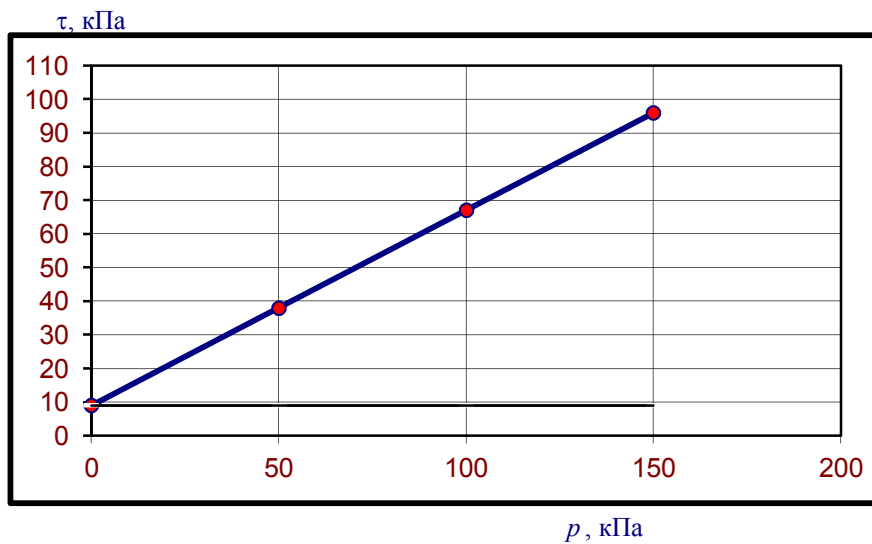
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
20% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
38	50
67	100
96	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №14

Прочностные свойства

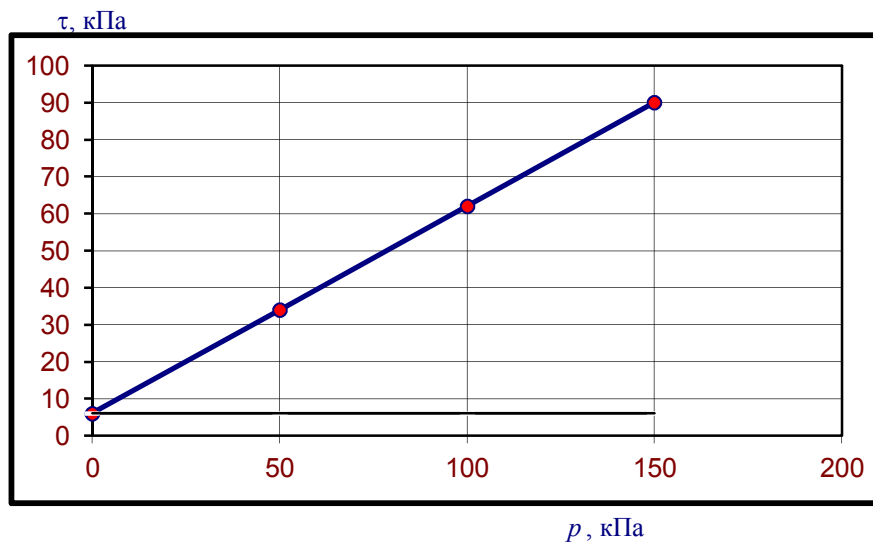
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
25% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
34	50
62	100
90	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №15

Прочностные свойства

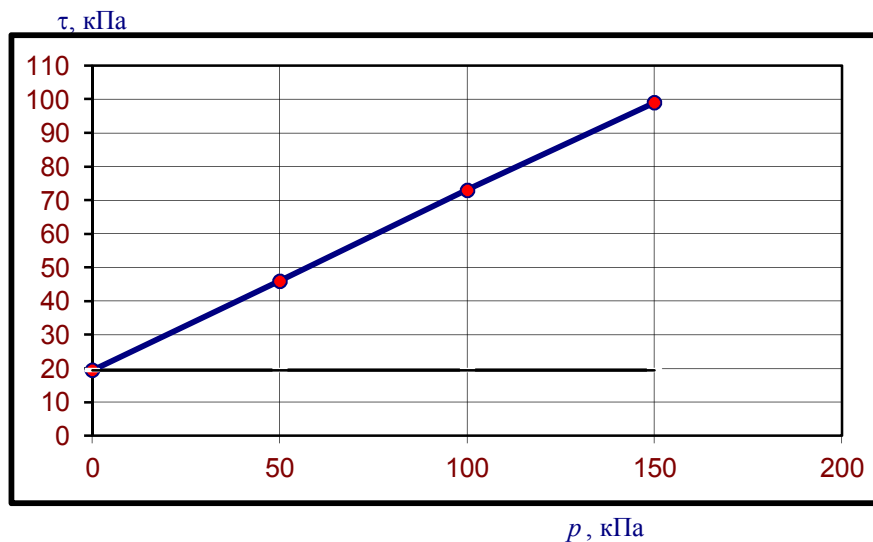
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
7% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
46	50
73	100
99	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 20 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №16

Прочностные свойства

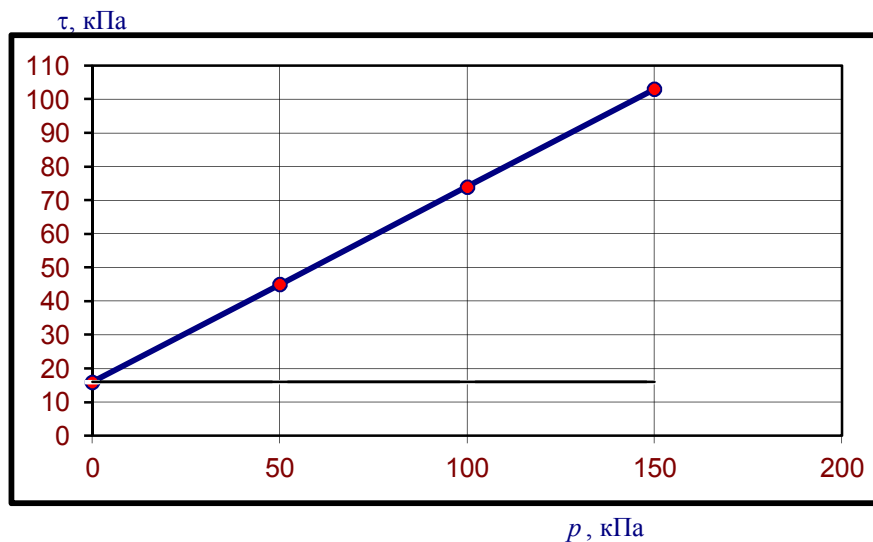
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
10% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
45	50
74	100
103	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 16 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №17

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

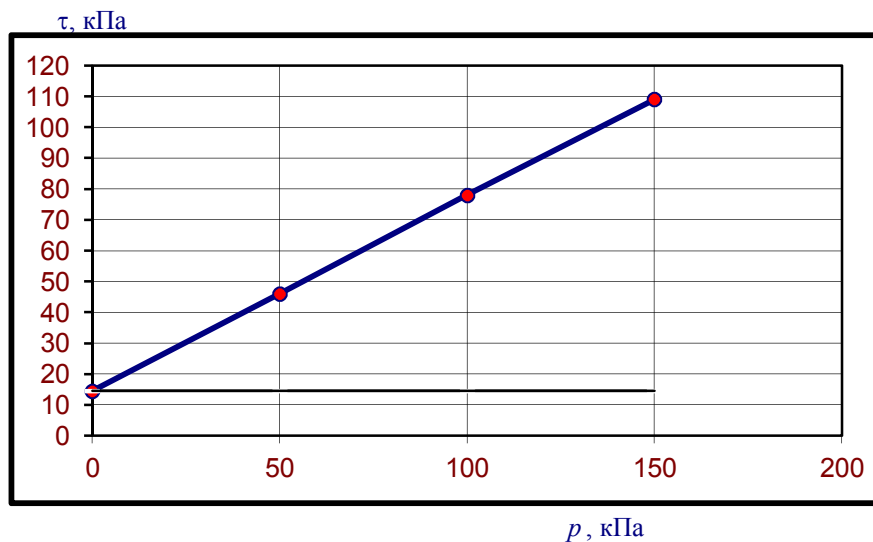
Суглинок песчанистый
с добавлением
12% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
46	50
78	100
109	150

$$\varphi = 32^{\circ}$$

$$c = 15 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,63$$



Паспорт грунта №18

Прочностные свойства

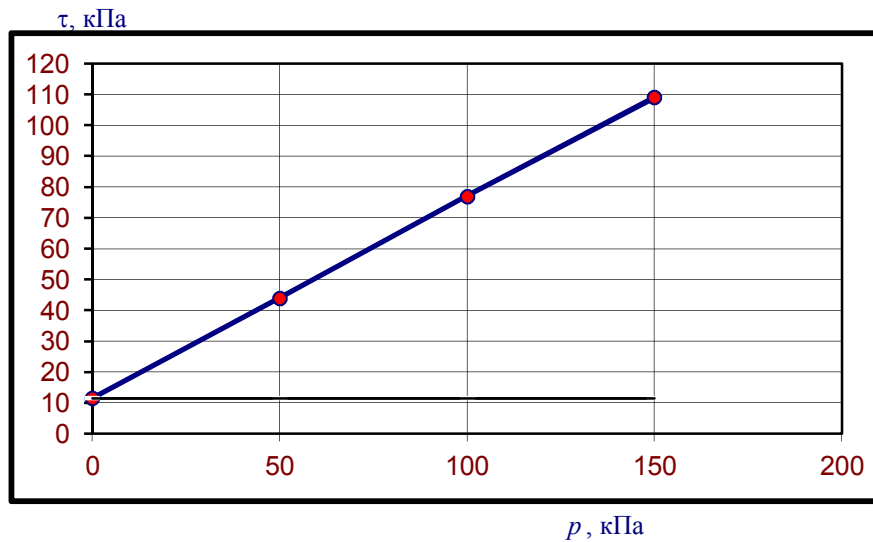
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
15% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
44	50
77	100
109	150

$$\varphi = 33^{\circ} \quad c = 12 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,65$$



Паспорт грунта №19

Прочностные свойства

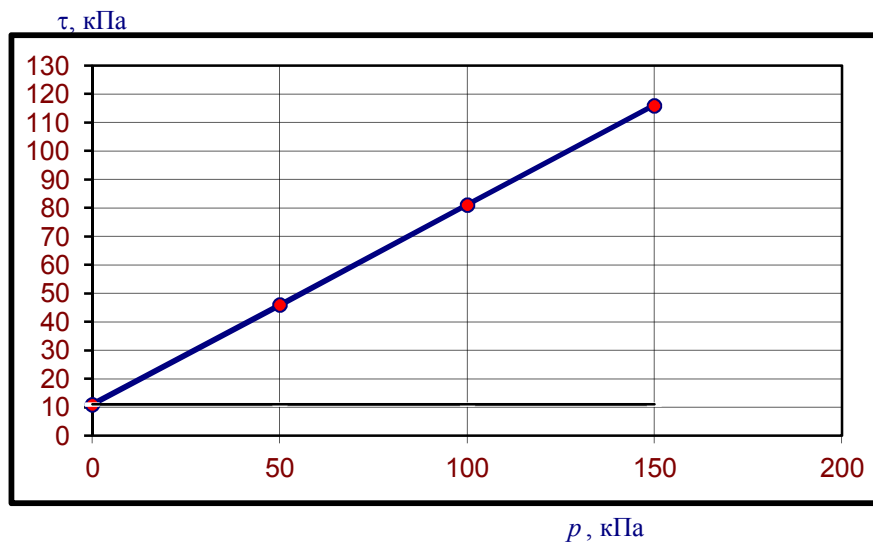
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
18% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
46	50
81	100
116	150

$$\varphi = 35^{\circ} \quad c = 11 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,70$$



Паспорт грунта №20

Прочностные свойства

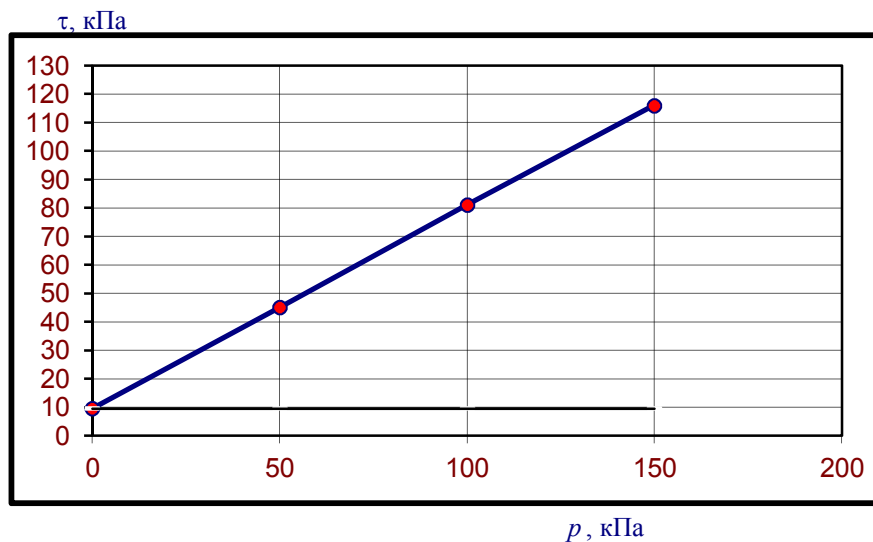
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
20% дизельного топлива
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
45	50
81	100
116	150

$$\varphi = 35^{\circ} \quad c = 10 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,71$$



Паспорт грунта №21

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

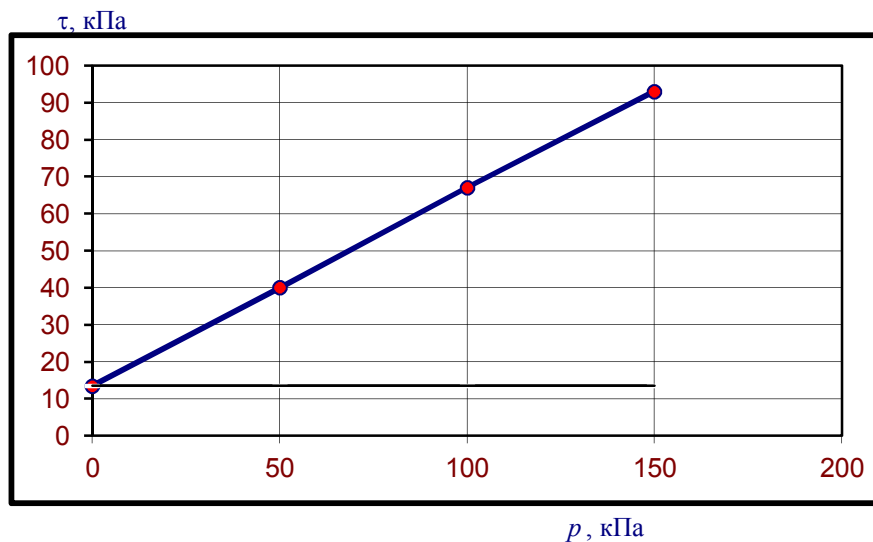
Суглинок песчанистый
с добавлением
7% дизельного топлива
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
40	50
67	100
93	150

$$\varphi = 28^{\circ}$$

$$c = 14 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №22

Прочностные свойства

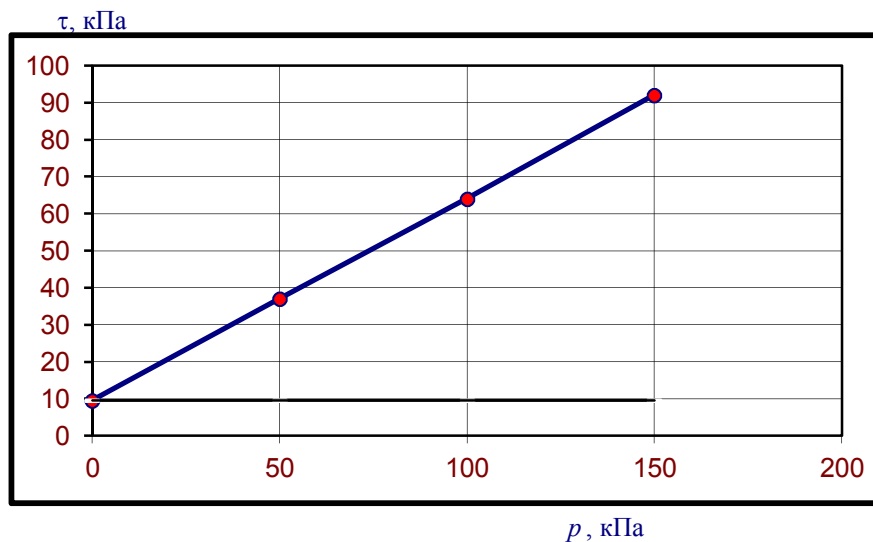
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
10% дизельного топлива
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
64	100
92	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 10 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №23

Прочностные свойства

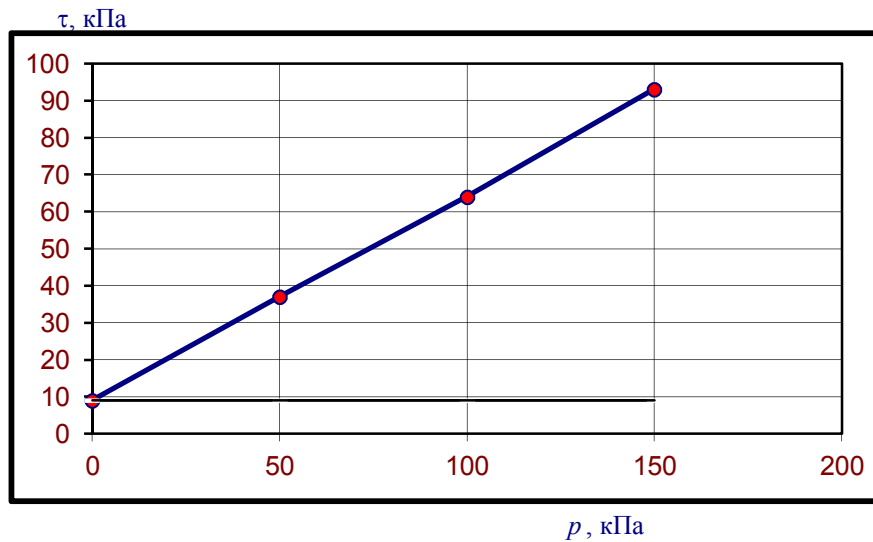
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
12% дизельного топлива
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
64	100
93	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №24

Прочностные свойства

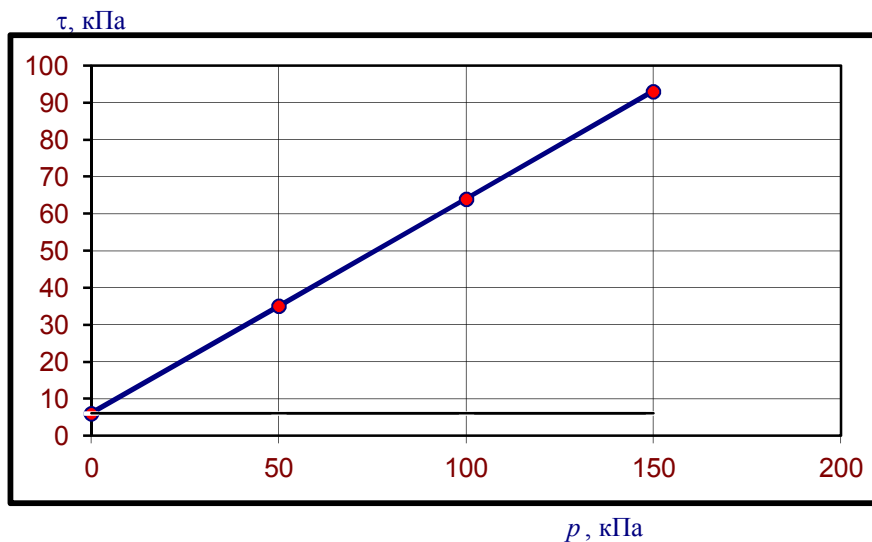
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
15% дизельного топлива
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
35	50
64	100
93	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №25

Прочностные свойства

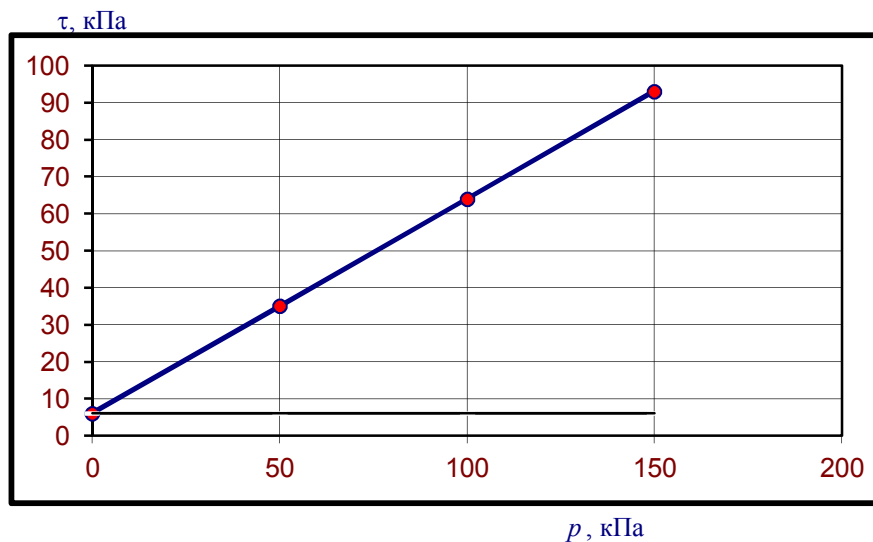
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
18% дизельного топлива
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
35	50
64	100
93	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №26

Прочностные свойства

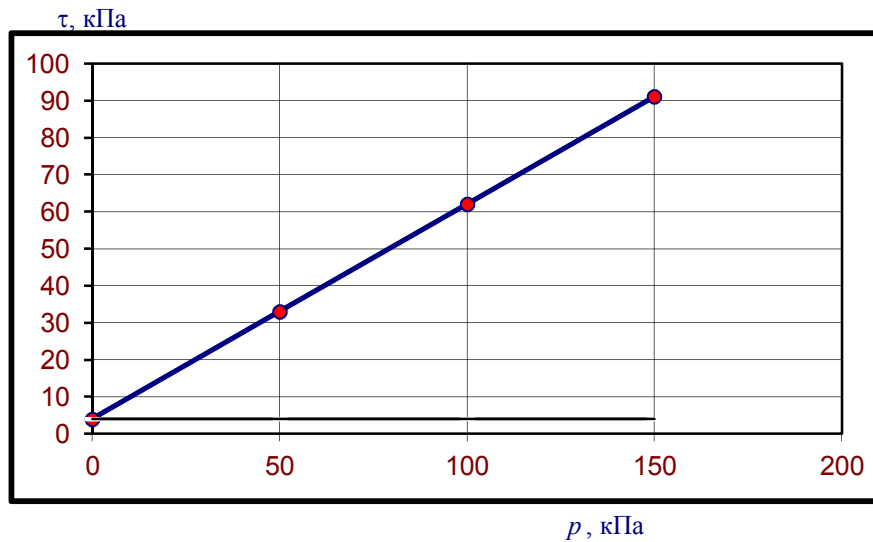
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
20% дизельного топлива
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
62	100
91	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 4 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №27

Прочностные свойства

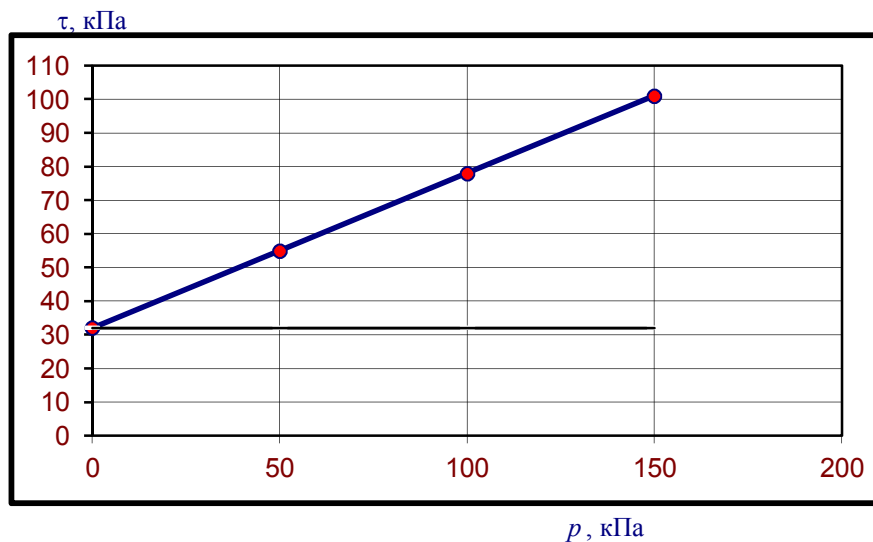
Сопrotивление грунта сдвигу

Суглинок песчаный
с добавлением
7% моторного масла
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
55	50
78	100
101	150

$$\varphi = 25^{\circ} \quad c = 32 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,46$$



Паспорт грунта №28

Прочностные свойства

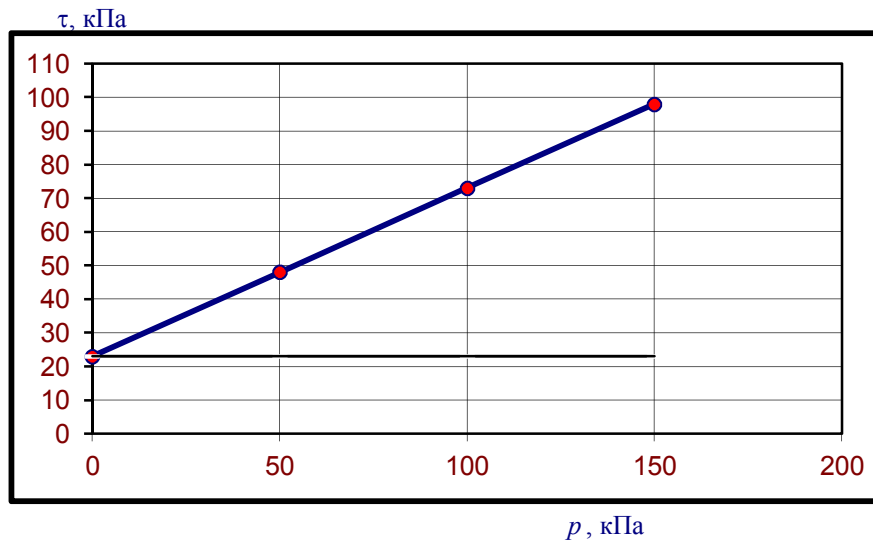
Сопrotивление грунта сдвигу

Суглинок песчаный
с добавлением
10% моторного масла
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
48	50
73	100
98	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 23 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,50$$



Паспорт грунта №29

Прочностные свойства

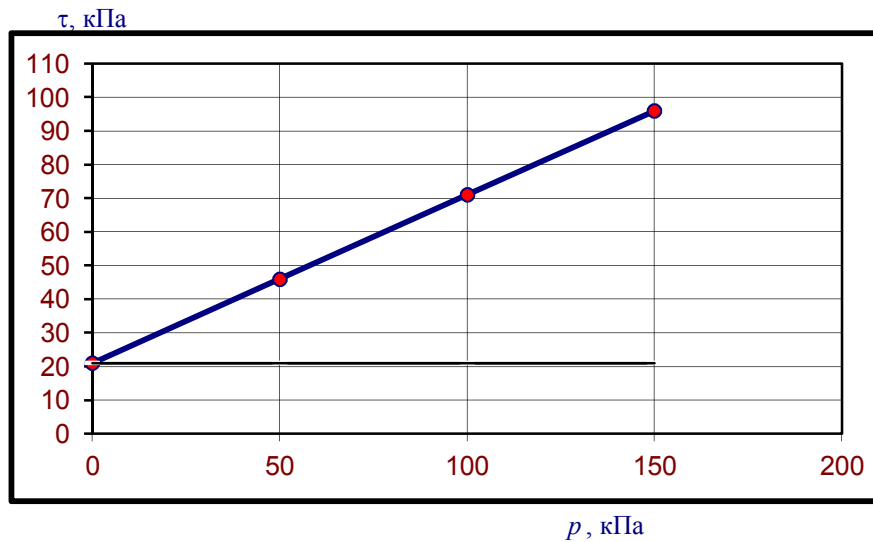
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
12% моторного масла
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
46	50
71	100
96	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 21 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,50$$



Паспорт грунта №30

Прочностные свойства

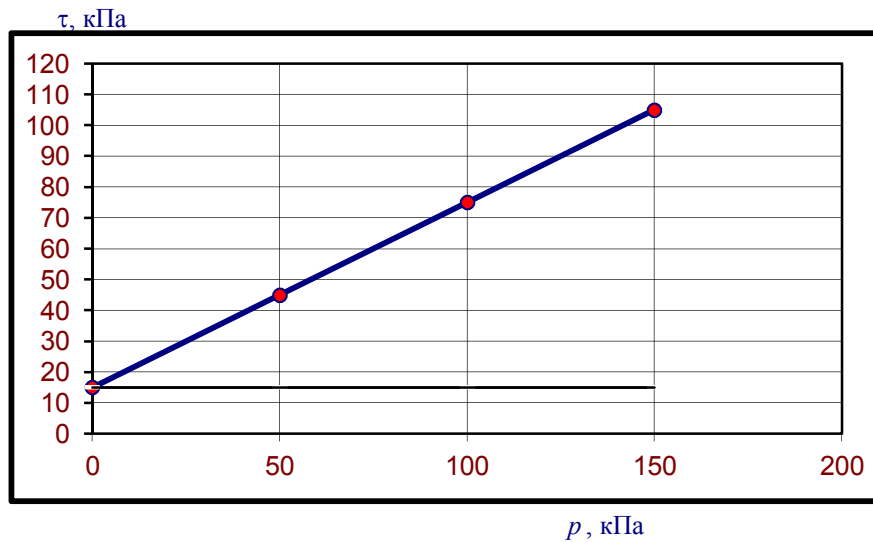
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
15% моторного масла
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
45	50
75	100
105	150

$$\varphi = 31^{\circ} \quad c = 15 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,60$$



Паспорт грунта №31

Прочностные свойства

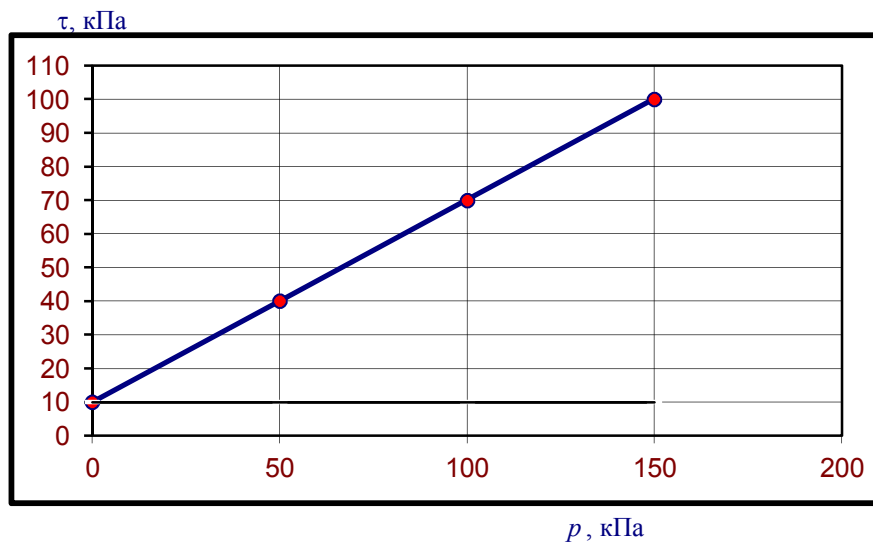
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
18% моторного масла
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
40	50
70	100
100	150

$$\varphi = 31^{\circ} \quad c = 10 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,60$$



Паспорт грунта №32

Прочностные свойства

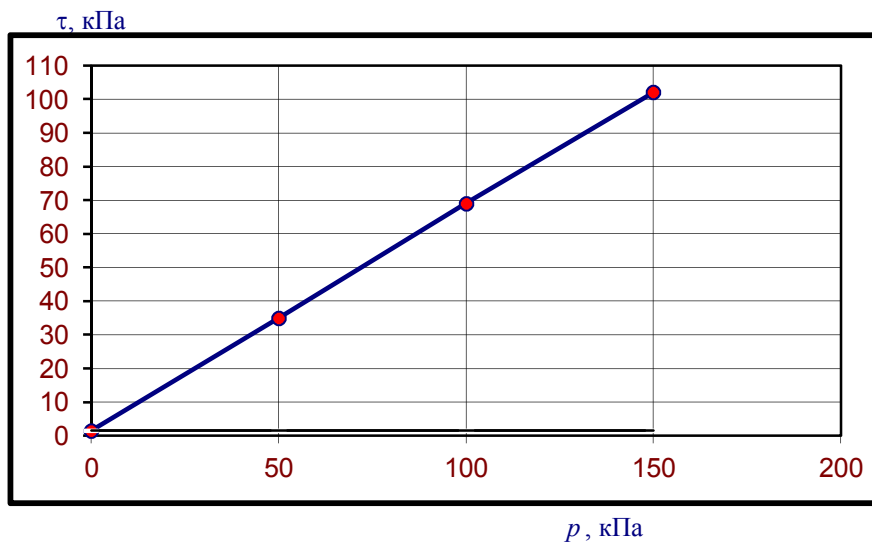
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
20% моторного масла
и 5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
35	50
69	100
102	150

$$\varphi = 34^{\circ} \quad c = 2 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,67$$



Паспорт грунта №33

Прочностные свойства

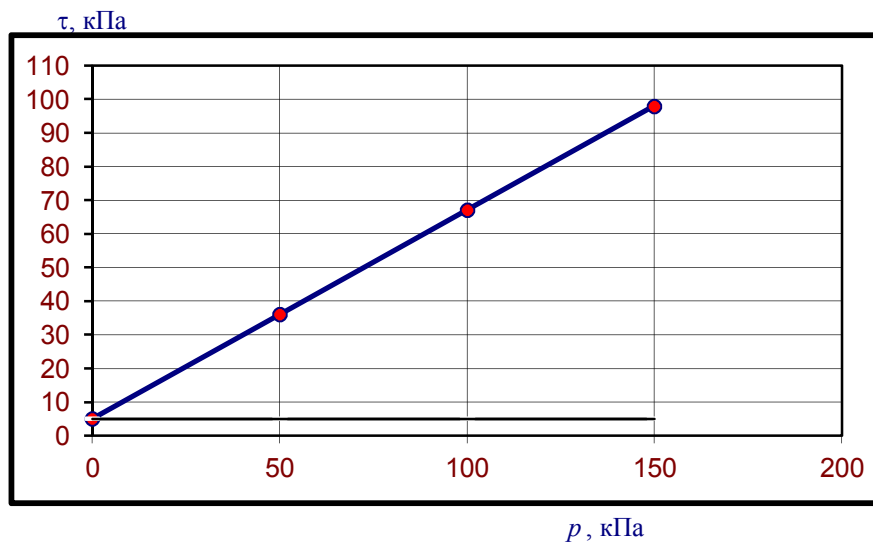
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
7% моторного масла
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
36	50
67	100
98	150

$$\varphi = 32^{\circ} \quad c = 5 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,62$$



Паспорт грунта №34

Прочностные свойства

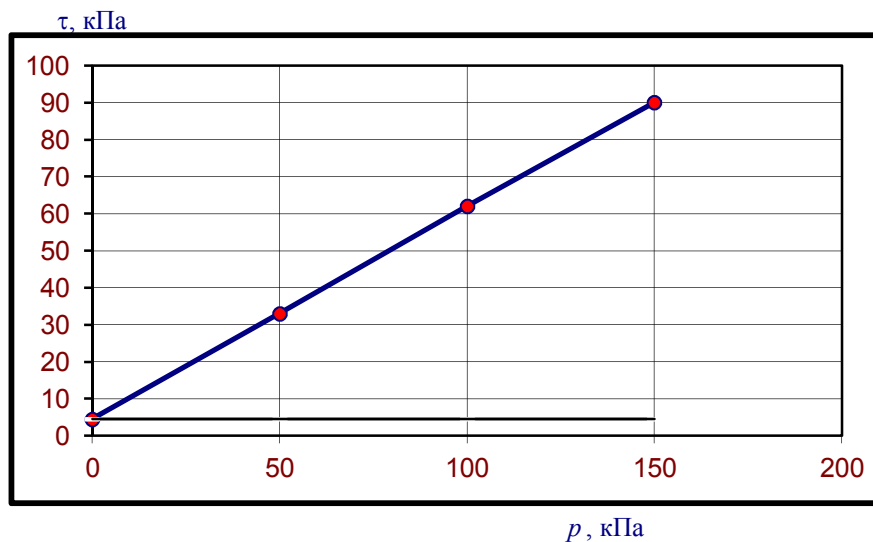
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
10% моторного масла
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
62	100
90	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 5 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,57$$



Паспорт грунта №35

Прочностные свойства

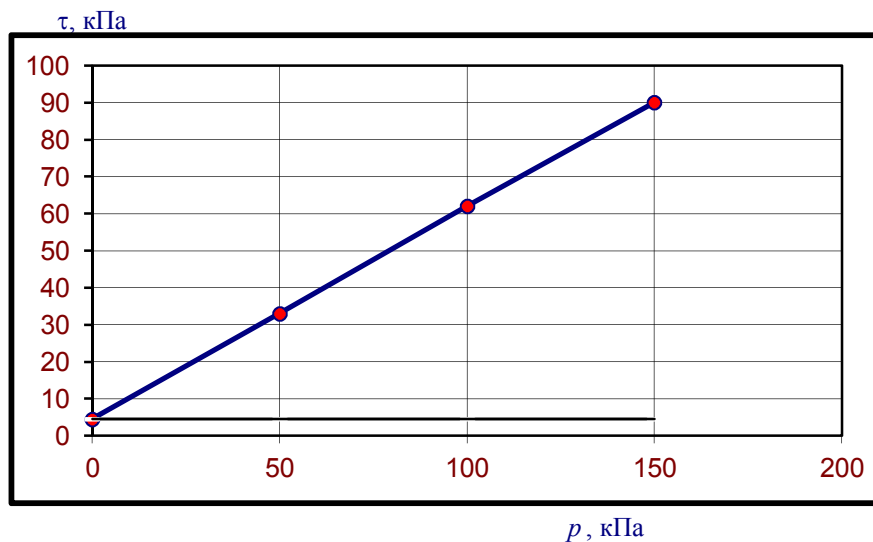
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
12% моторного масла
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
62	100
90	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 5 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,57$$



Паспорт грунта №36

Прочностные свойства

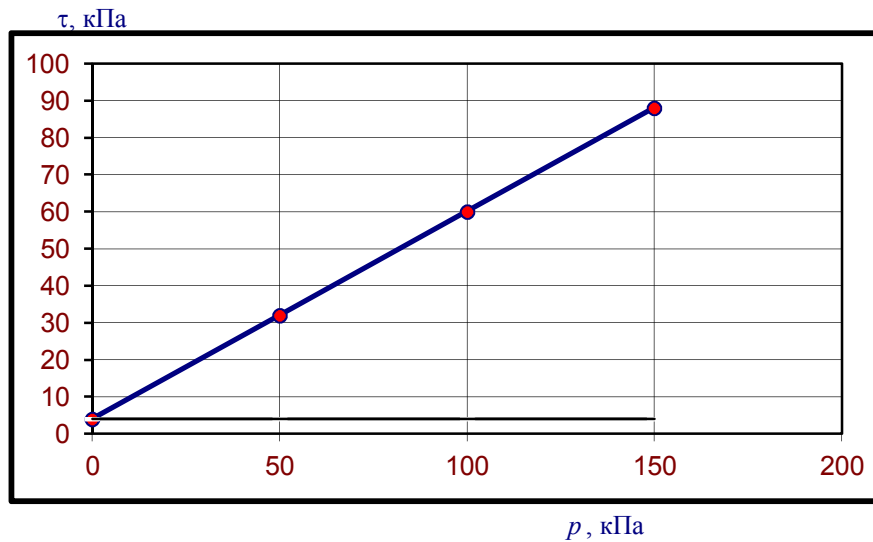
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
15% моторного масла
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
60	100
88	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 4 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №37

Прочностные свойства

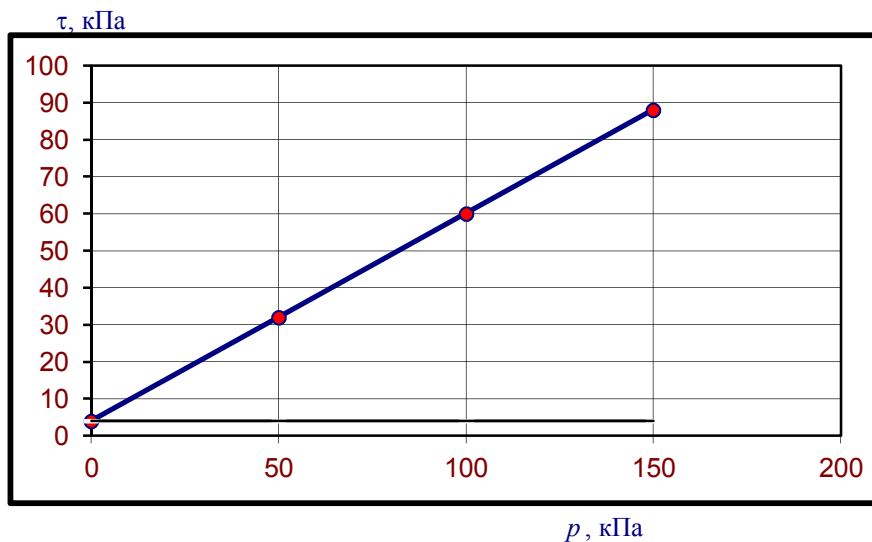
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
18% моторного масла
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
60	100
88	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 4 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №38

Прочностные свойства

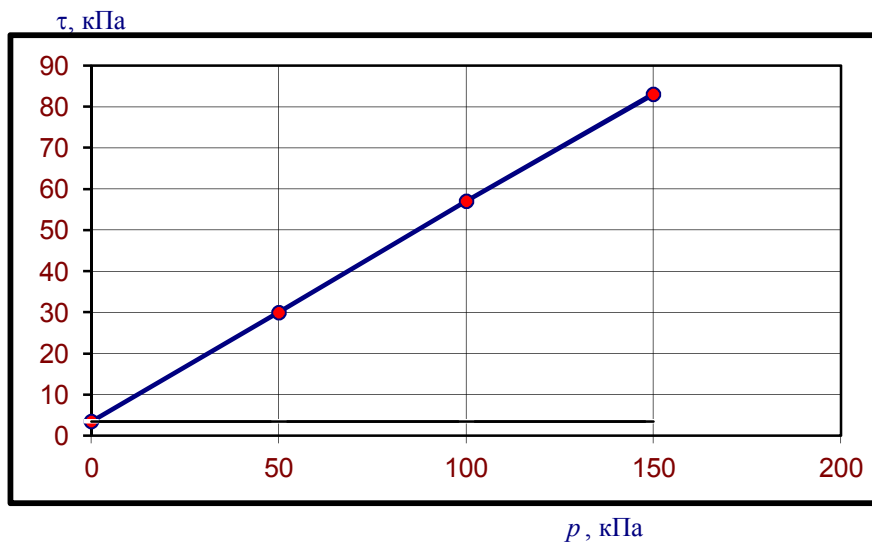
Сопротивление грунта сдвигу

Суглинок песчанистый
с добавлением
20% моторного масла
и 10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
30	50
57	100
83	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 4 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,53$$



**Приложение Д. Паспорта песчаных
грунтов**

Паспорт грунта №1

Прочностные свойства

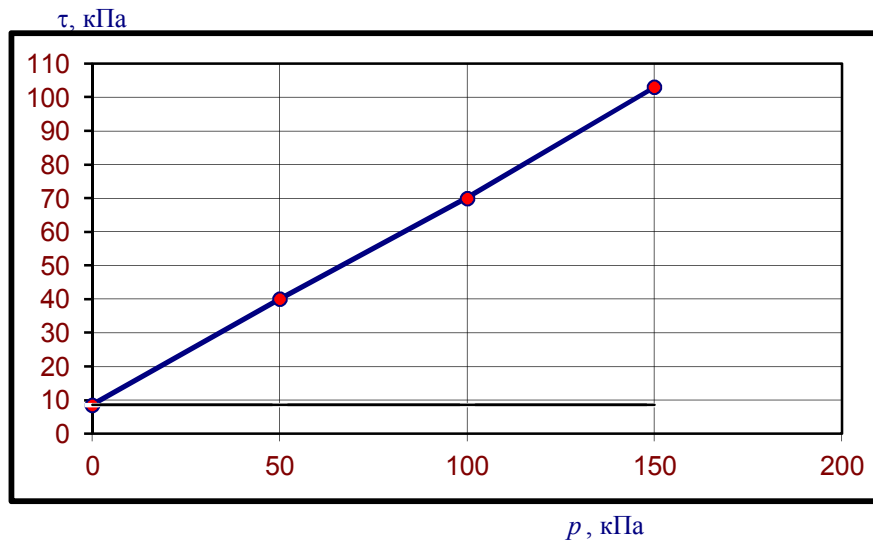
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
7% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
40	50
70	100
103	150

$$\varphi = 32^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,63$$



Паспорт грунта №2

Прочностные свойства

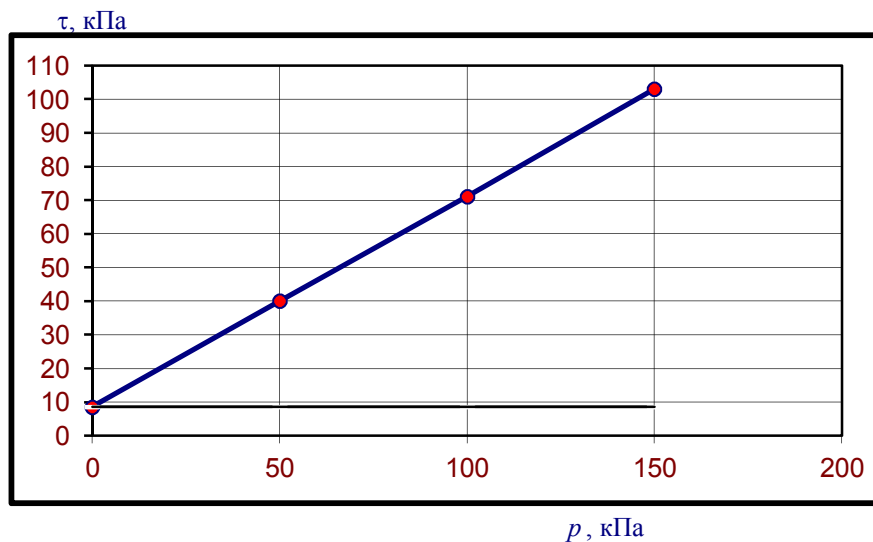
Сопротивление грунта сдвигу

**Песок мелкий
с добавлением
10% воды**

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
40	50
71	100
103	150

$$\varphi = 32^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,63$$



Паспорт грунта №3

Прочностные свойства

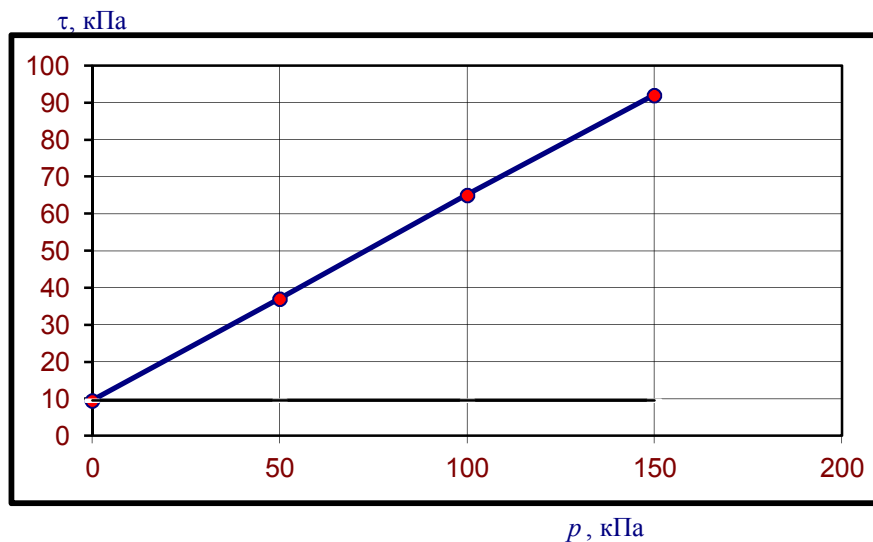
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
14% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
65	100
92	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 10 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №4

Прочностные свойства

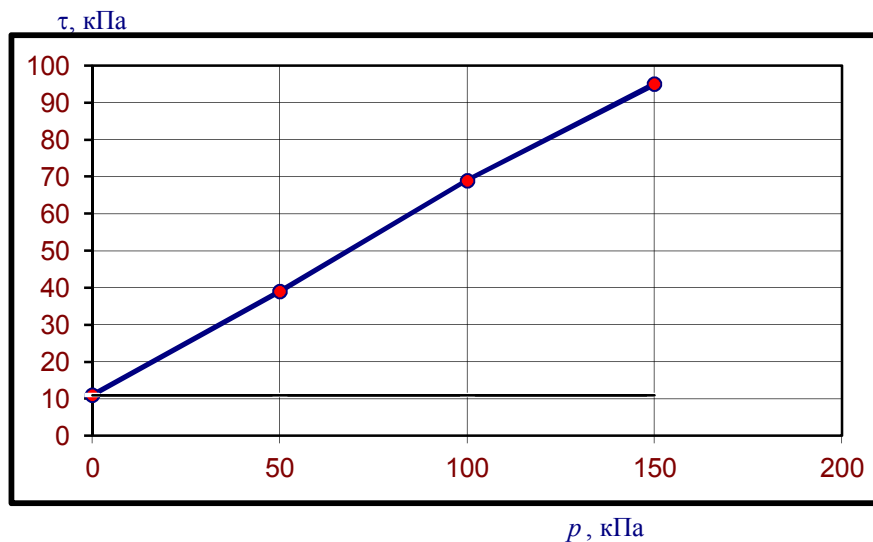
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
21% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
39	50
69	100
95	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 11 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №5

Прочностные свойства

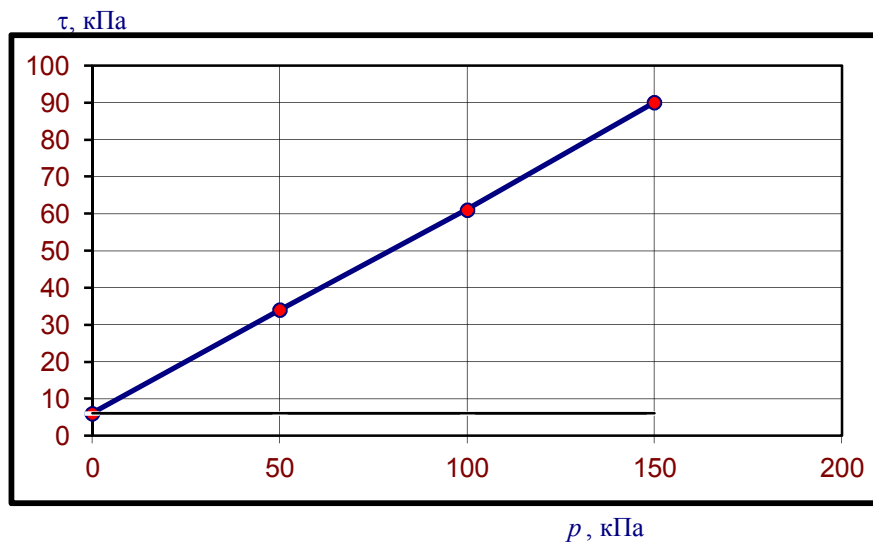
Сопротивление грунта сдвигу

**Песок мелкий
с добавлением
7% моторного масла**

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
34	50
61	100
90	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №6

Прочностные свойства

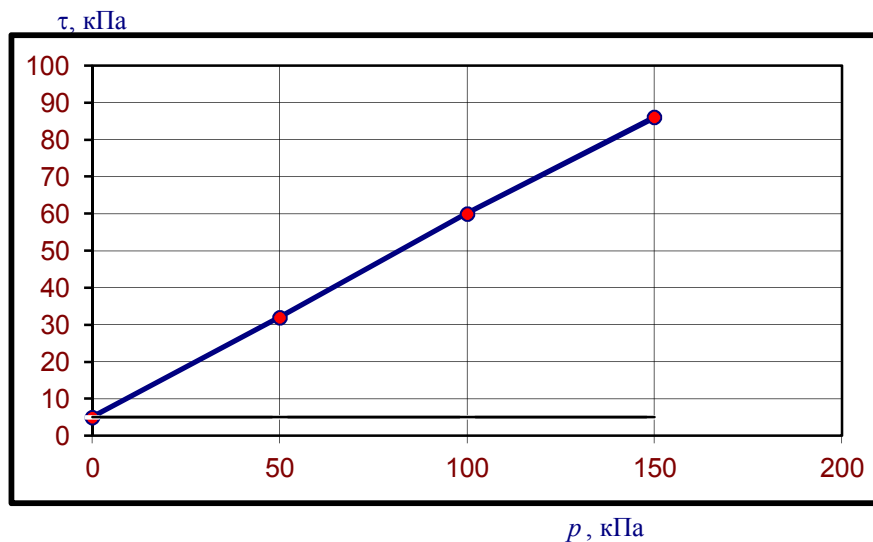
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
10% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
60	100
86	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 5 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,54$$



Паспорт грунта №7

Прочностные свойства

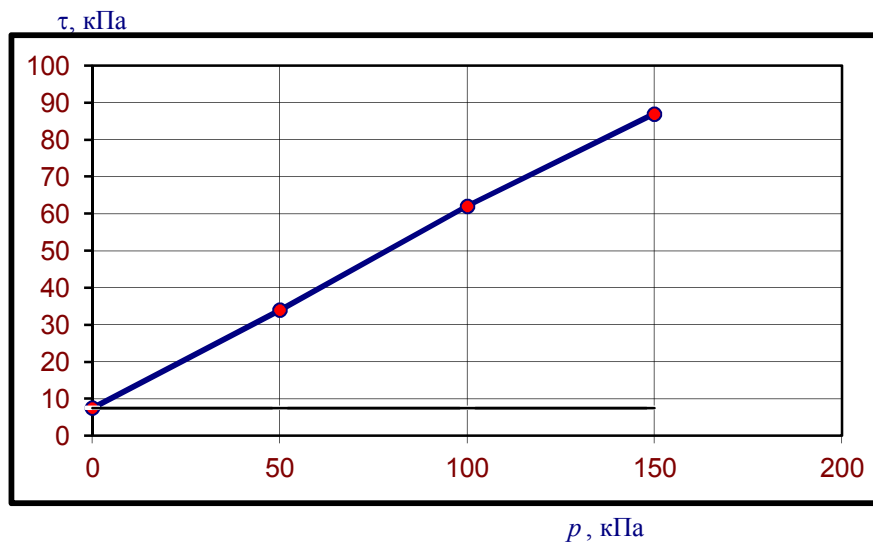
Сопротивление грунта сдвигу

**Песок мелкий
с добавлением
14% моторного масла**

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
34	50
62	100
87	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 8 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №8

Прочностные свойства

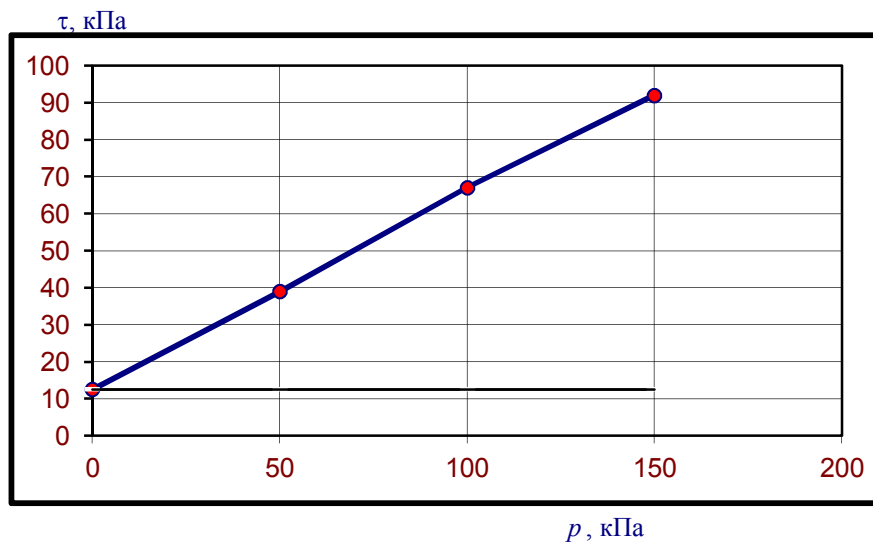
Сопротивление грунта сдвигу

**Песок мелкий
с добавлением
21% моторного масла**

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
39	50
67	100
92	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 13 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №9

Прочностные свойства

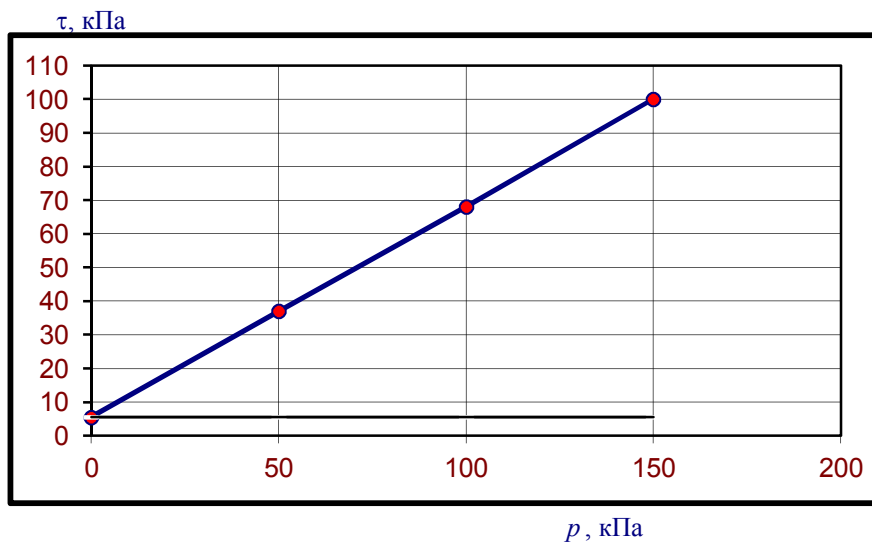
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
7% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
68	100
100	150

$$\varphi = 32^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,63$$



Паспорт грунта №10

Прочностные свойства

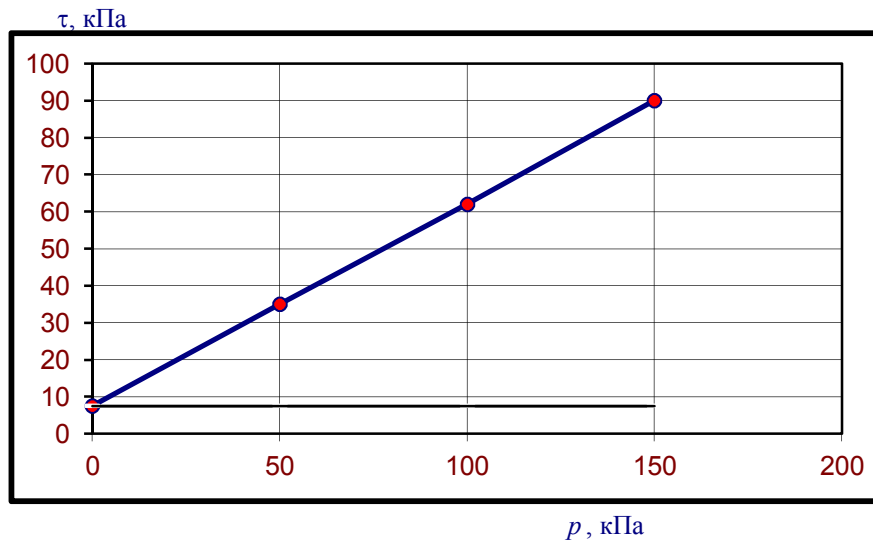
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
10% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
35	50
62	100
90	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 8 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №11

Прочностные свойства

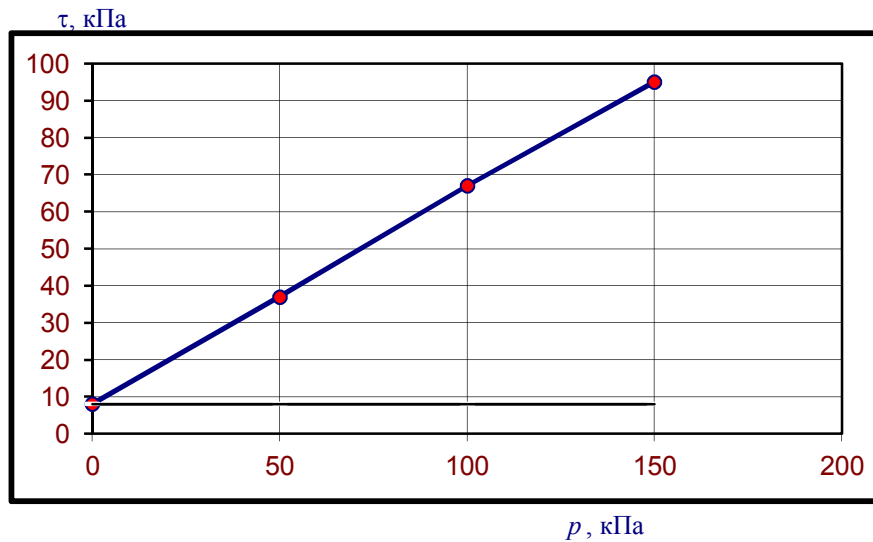
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
15% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
67	100
95	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 8 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №12

Прочностные свойства

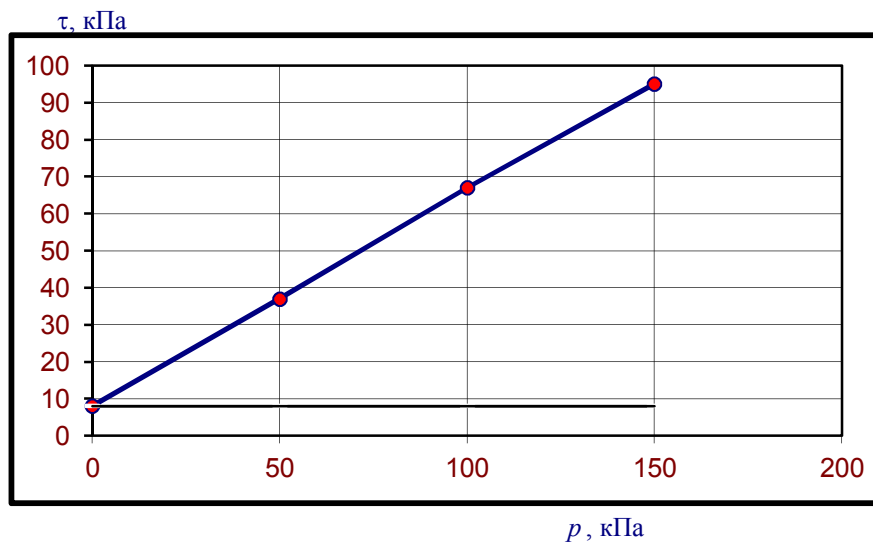
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
20% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
67	100
95	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 8 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №13

Прочностные свойства

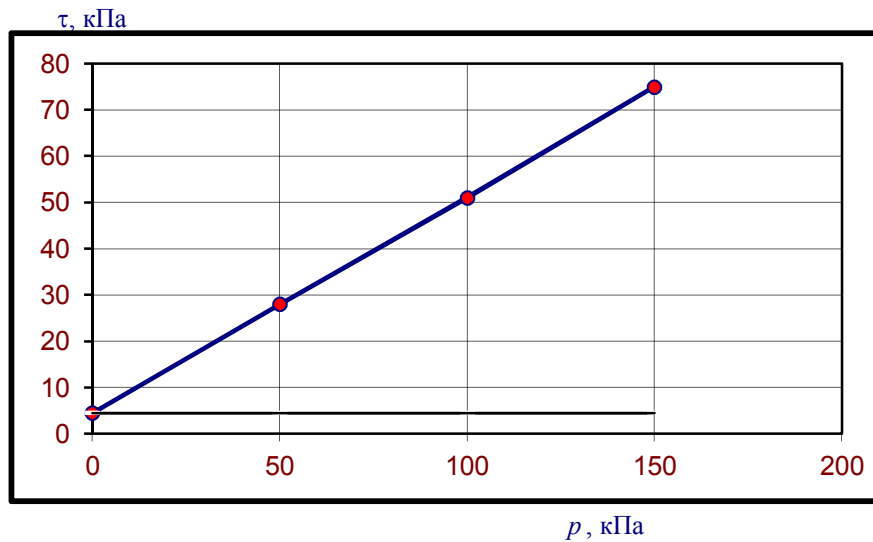
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
7% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
28	50
51	100
75	150

$$\varphi = 25^{\circ} \quad c = 5 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,47$$



Паспорт грунта №14

Прочностные свойства

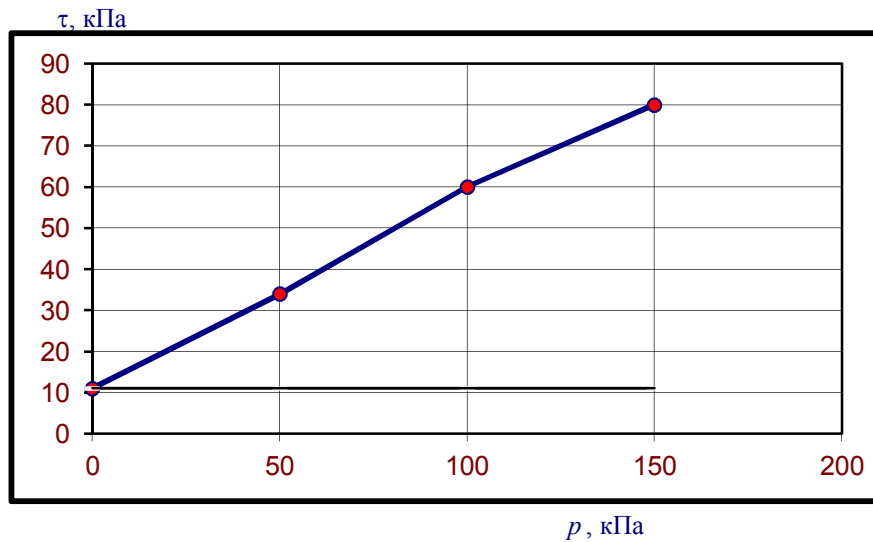
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
10% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
34	50
60	100
80	150

$$\varphi = 25^{\circ} \quad c = 11 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,46$$



Паспорт грунта №15

Прочностные свойства

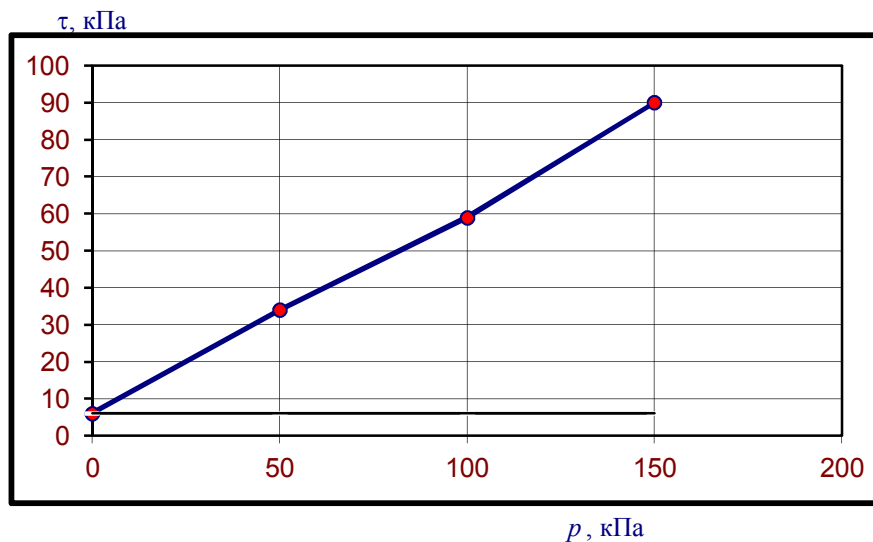
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
15% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
34	50
59	100
90	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №16

Прочностные свойства

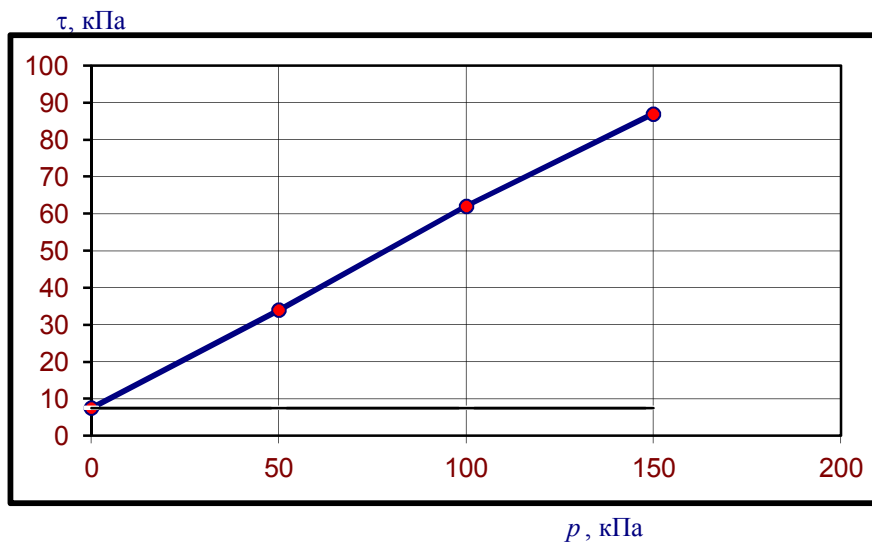
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
20% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
34	50
62	100
87	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 8 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №17

Прочностные свойства

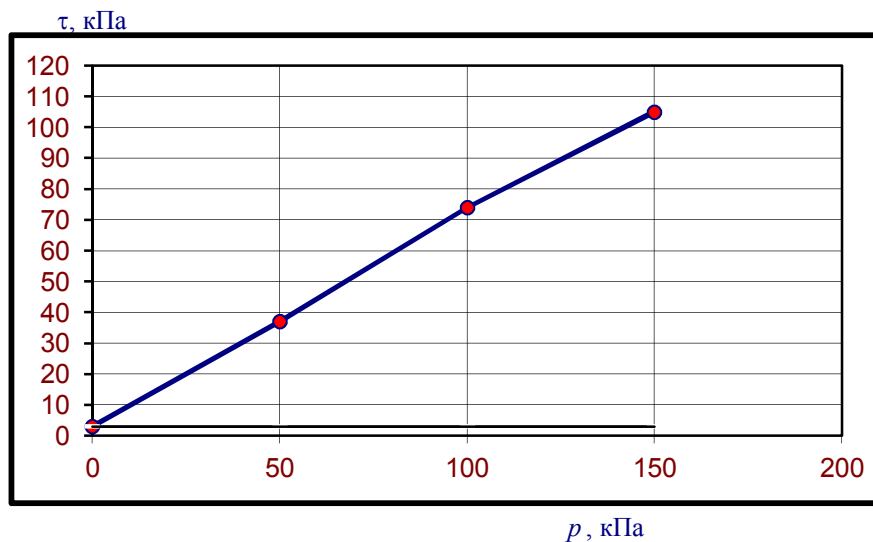
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
5,5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
74	100
105	150

$$\varphi = 34^{\circ} \quad c = 3 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,68$$



Паспорт грунта №18

Прочностные свойства

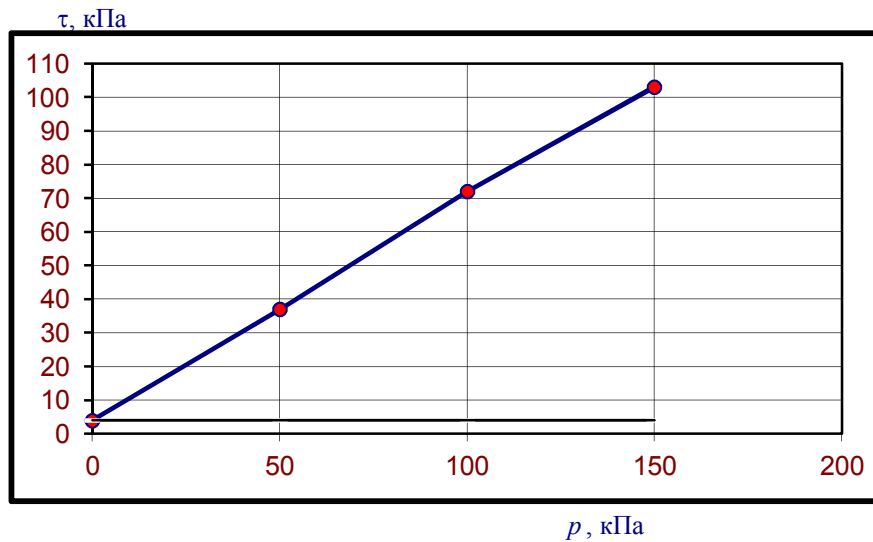
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
7% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
72	100
103	150

$$\varphi = 33^{\circ} \quad c = 4 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,66$$



Паспорт грунта №19

Прочностные свойства

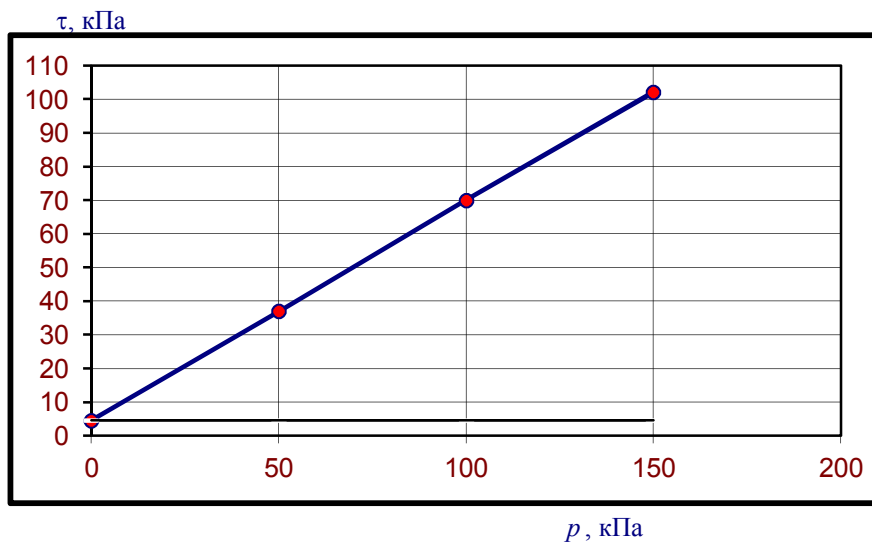
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
11% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
70	100
102	150

$$\varphi = 33^{\circ} \quad c = 5 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,65$$



Паспорт грунта №20

Прочностные свойства

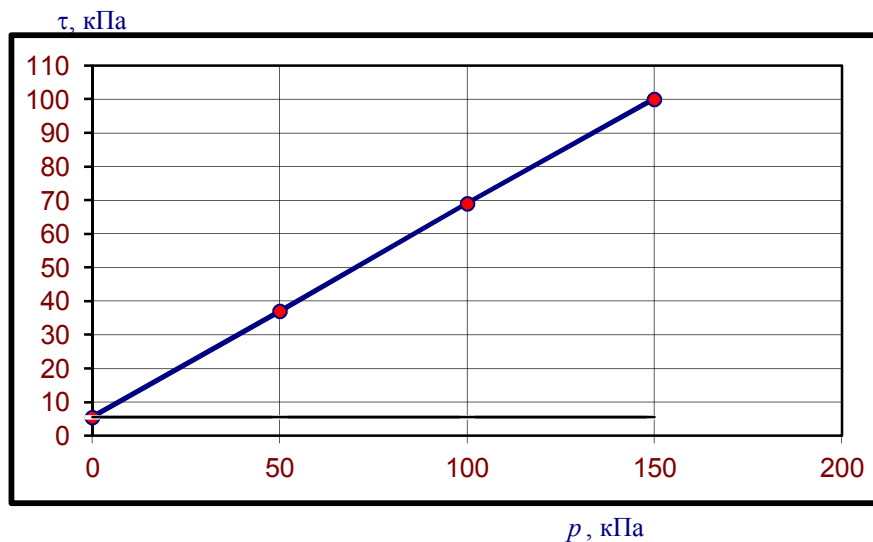
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
16,5% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
69	100
100	150

$$\varphi = 32^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,63$$



Паспорт грунта №21

Прочностные свойства

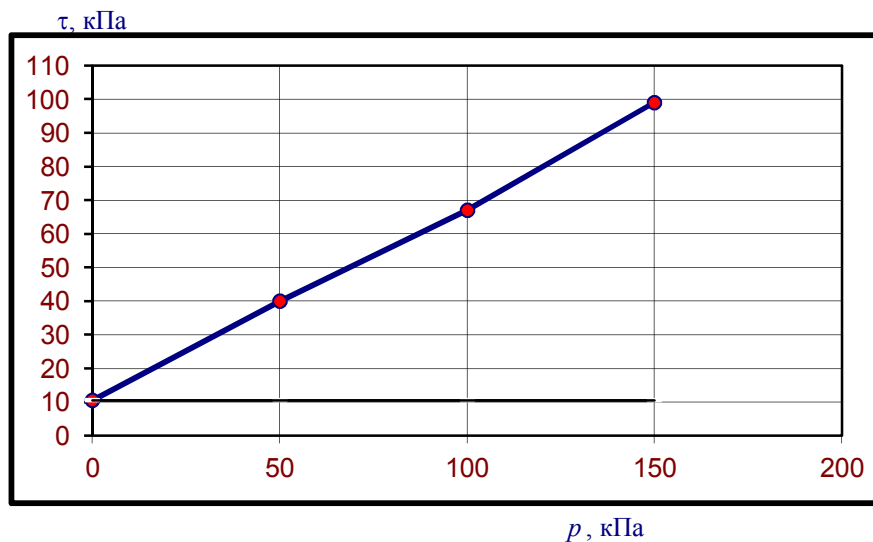
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
22% воды

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
40	50
67	100
99	150

$$\varphi = 31^{\circ} \quad c = 11 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,59$$



Паспорт грунта №22

Прочностные свойства

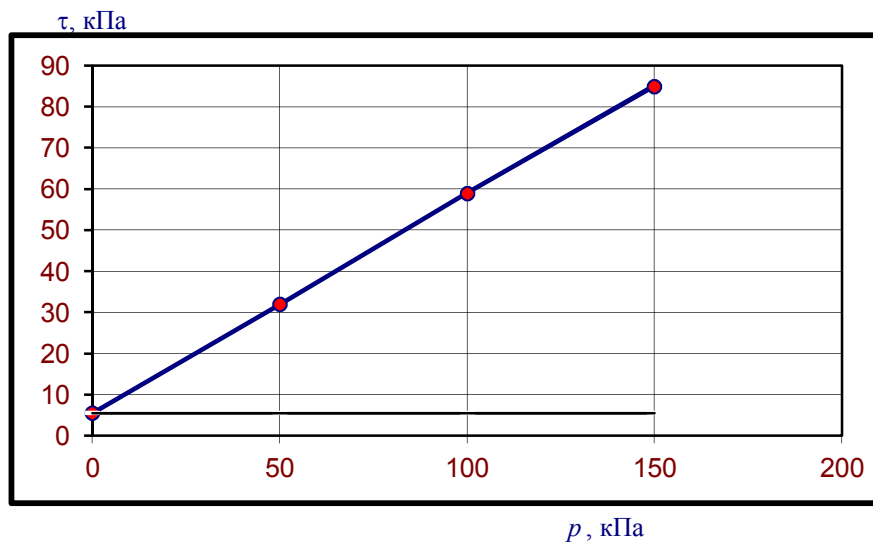
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
5,5% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
59	100
85	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №23

Прочностные свойства

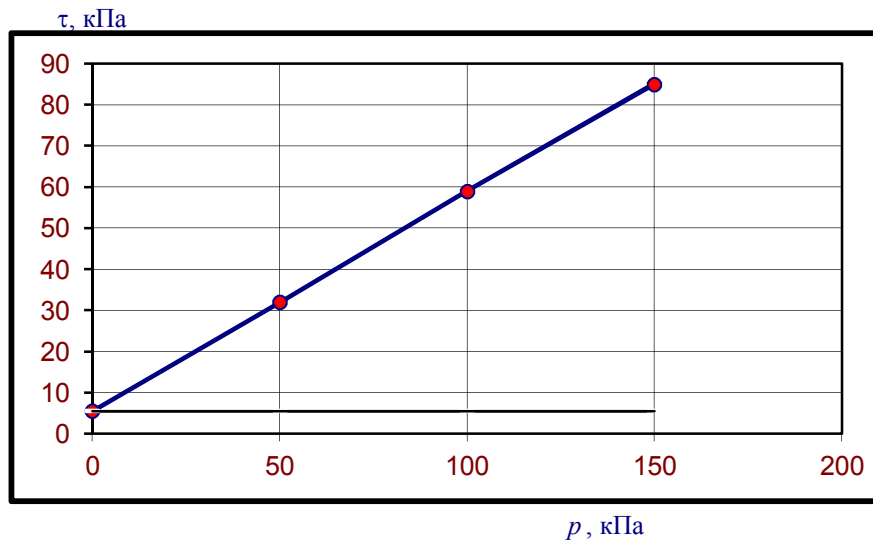
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
7% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
59	100
85	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №24

Прочностные свойства

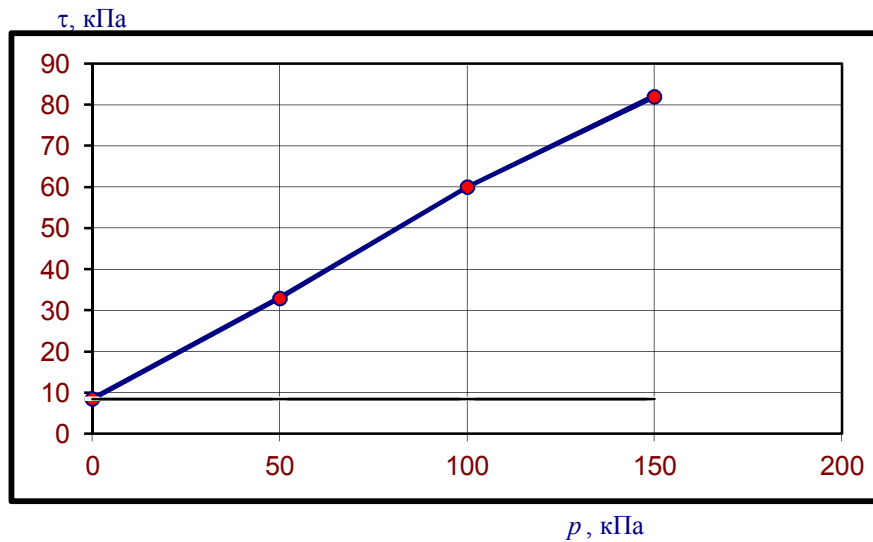
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
11% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
60	100
82	150

$$\varphi = 26^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,49$$



Паспорт грунта №25

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

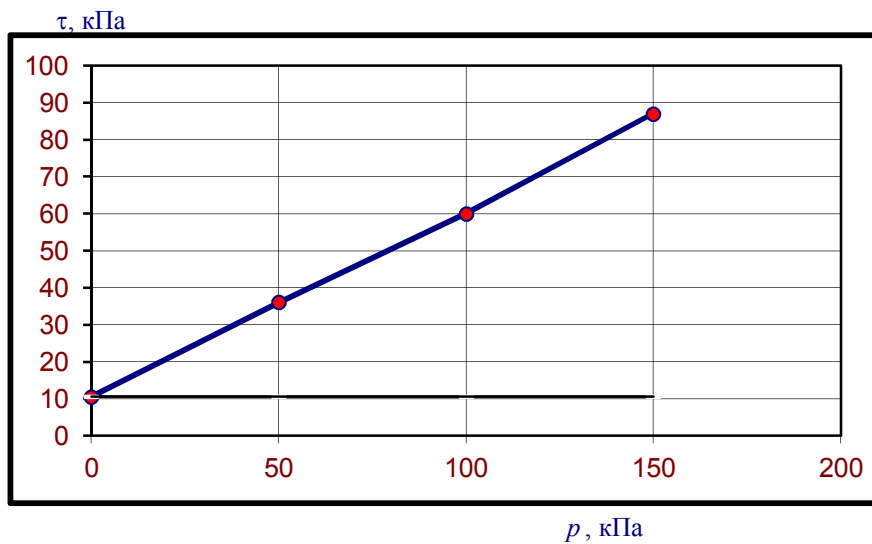
Песок крупный
с добавлением
16,5% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
36	50
60	100
87	150

$$\varphi = 27^{\circ}$$

$$c = 11 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,51$$



Паспорт грунта №26

Прочностные свойства

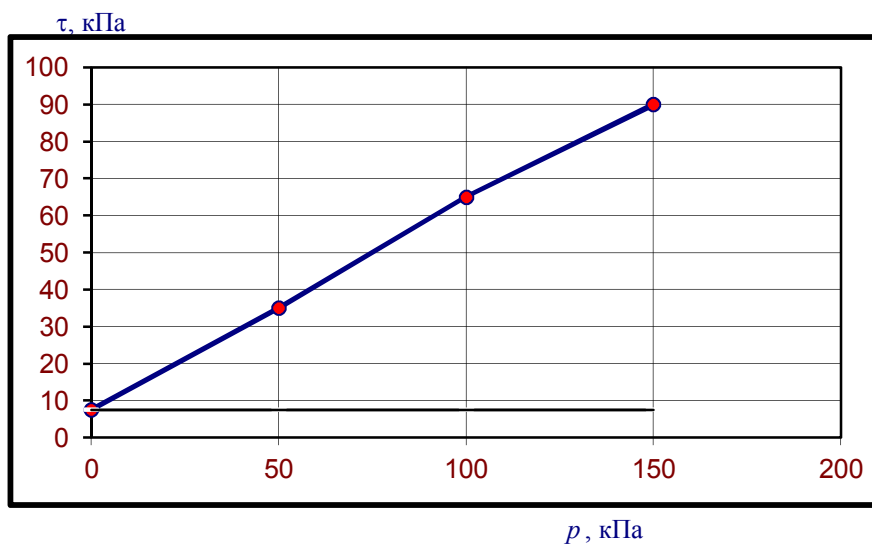
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
22% моторного масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
35	50
65	100
90	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 8 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №27

Прочностные свойства

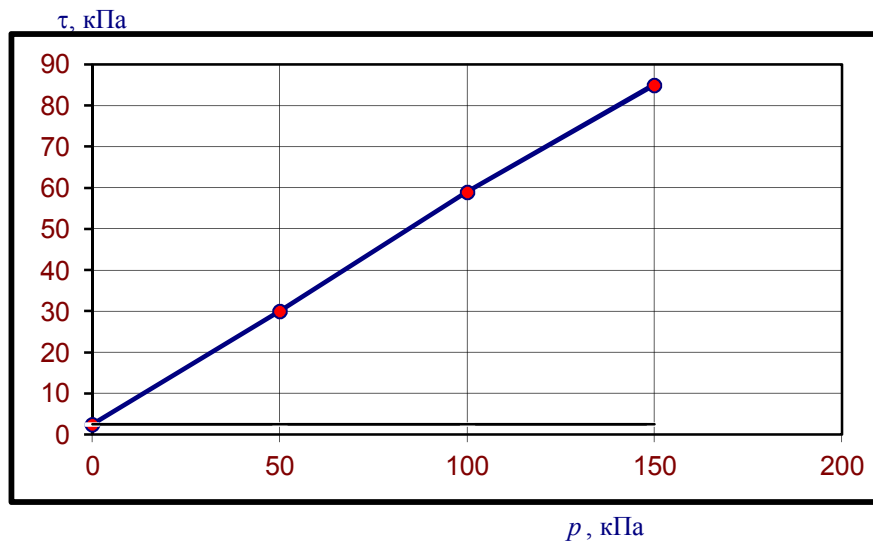
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
7% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
30	50
59	100
85	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 3 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №28

Прочностные свойства

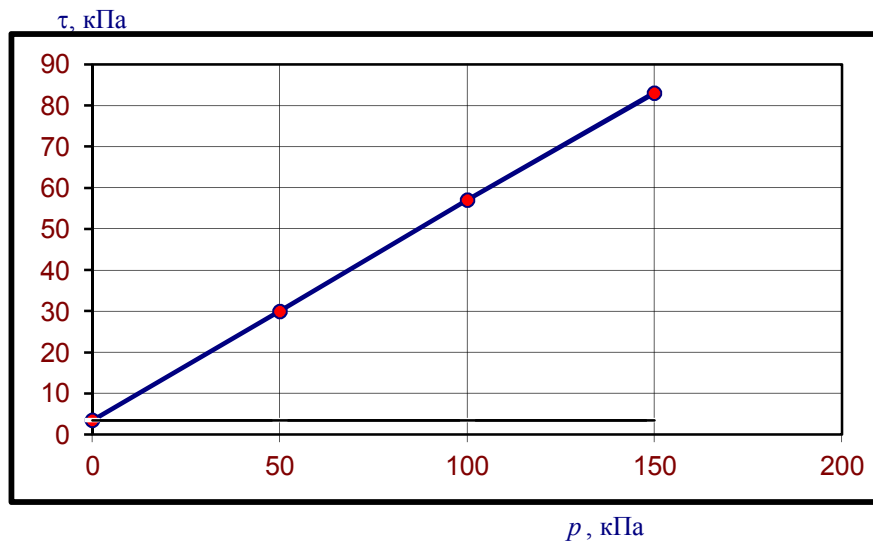
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
10% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
30	50
57	100
83	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 4 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №29

Прочностные свойства

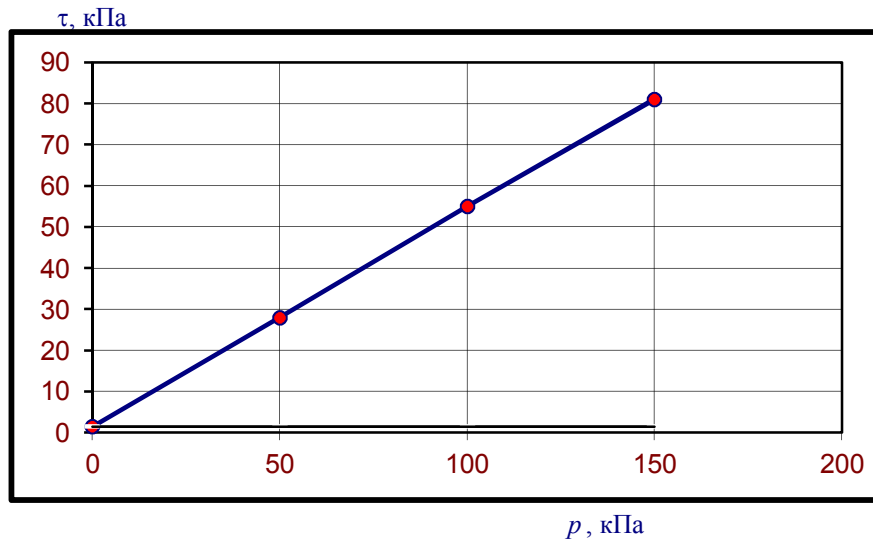
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
14% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
28	50
55	100
81	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 2 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №30

Прочностные свойства

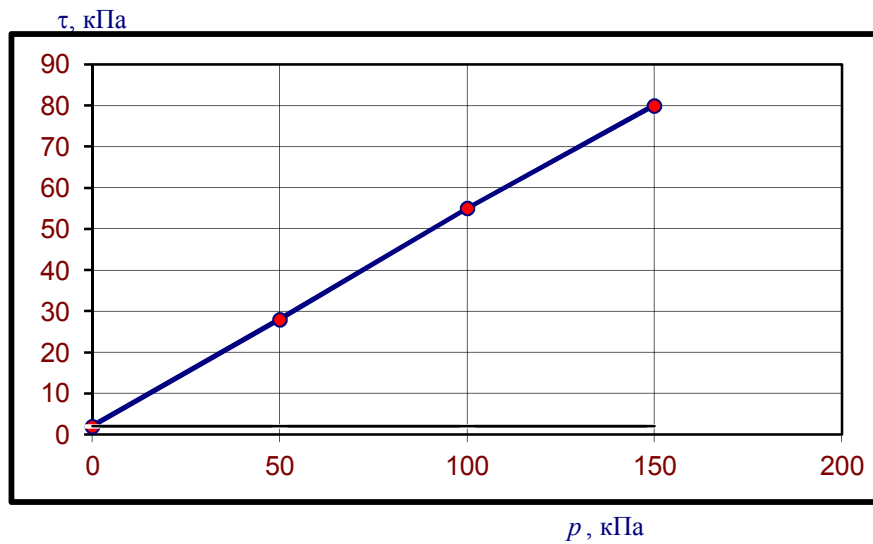
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
21% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
28	50
55	100
80	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 2 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,52$$



Паспорт грунта №31

Прочностные свойства

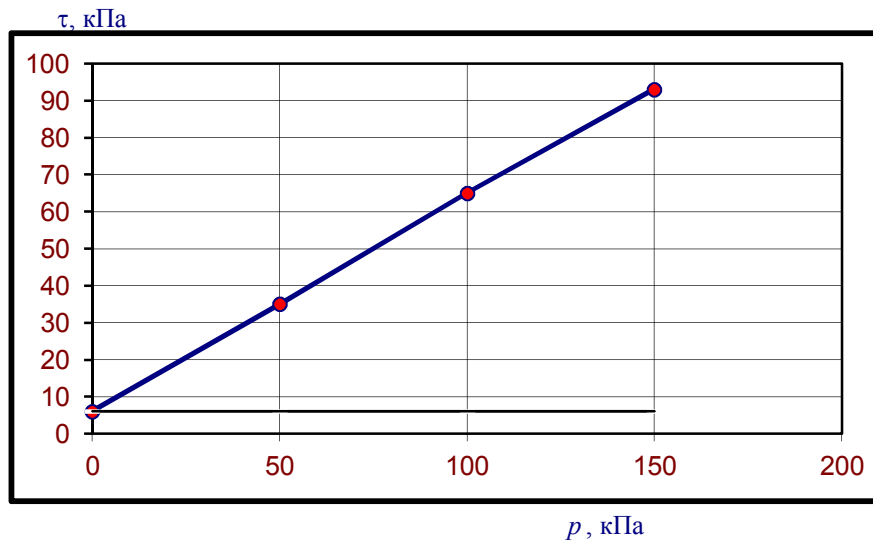
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
7% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
35	50
65	100
93	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №32

Прочностные свойства

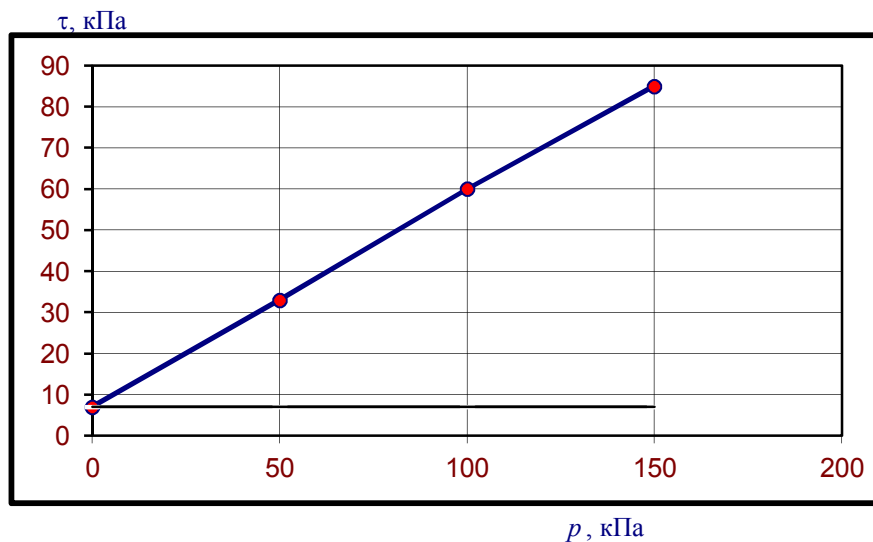
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
10% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
60	100
85	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 7 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,52$$



Паспорт грунта №33

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

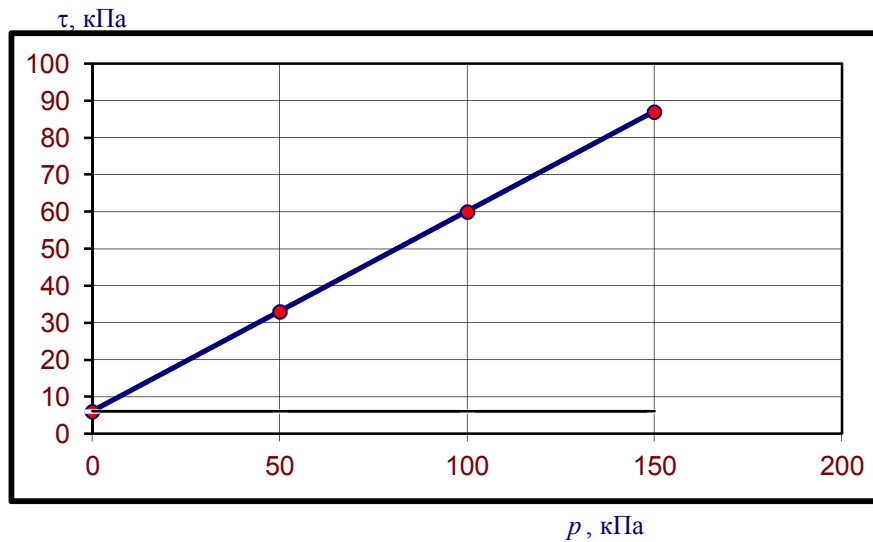
Песок средней крупности
с добавлением
15% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
60	100
87	150

$$\varphi = 28^{\circ}$$

$$c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,54$$



Паспорт грунта №34

Прочностные свойства

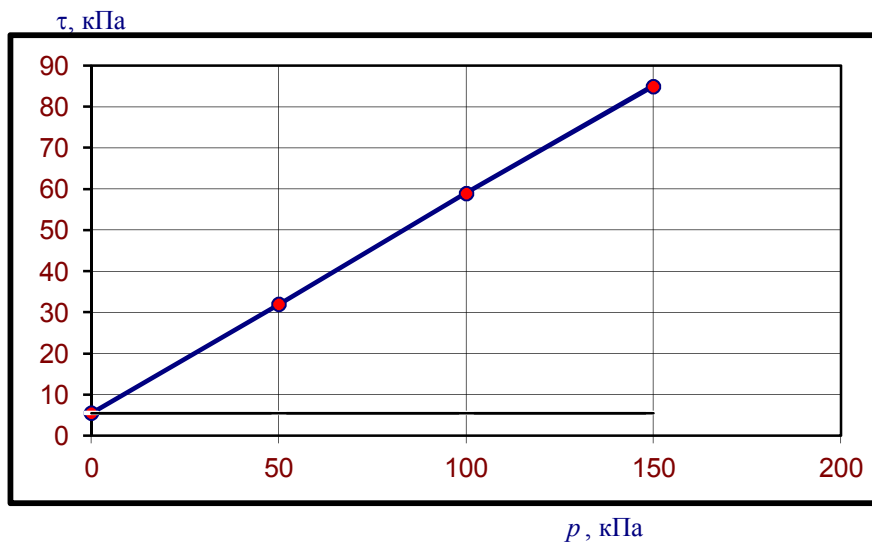
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
20% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
59	100
85	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №35

Прочностные свойства

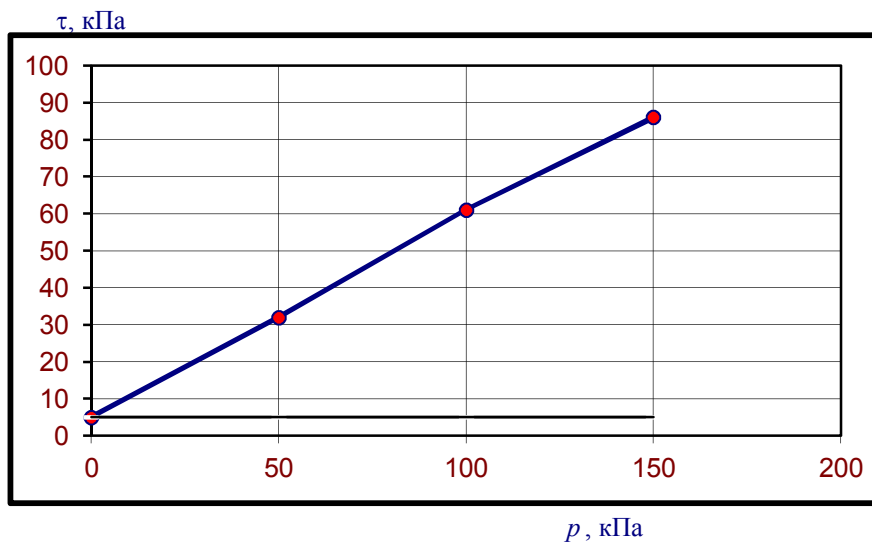
Сопротивление грунта сдвигу

**Песок крупный
с добавлением
5,5% дизельного топлива**

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
61	100
86	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 5 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,54$$



Паспорт грунта №36

Прочностные свойства

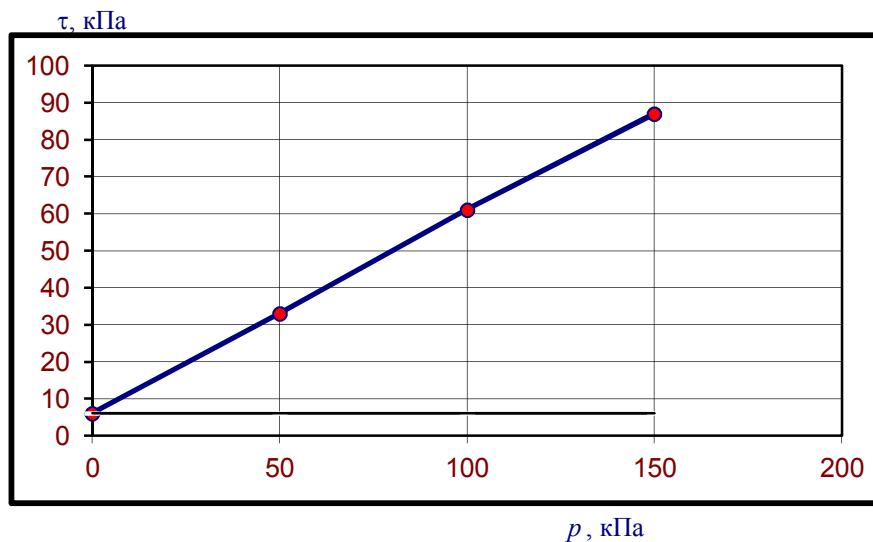
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
7% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
61	100
87	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,54$$



Паспорт грунта №37

Прочностные свойства

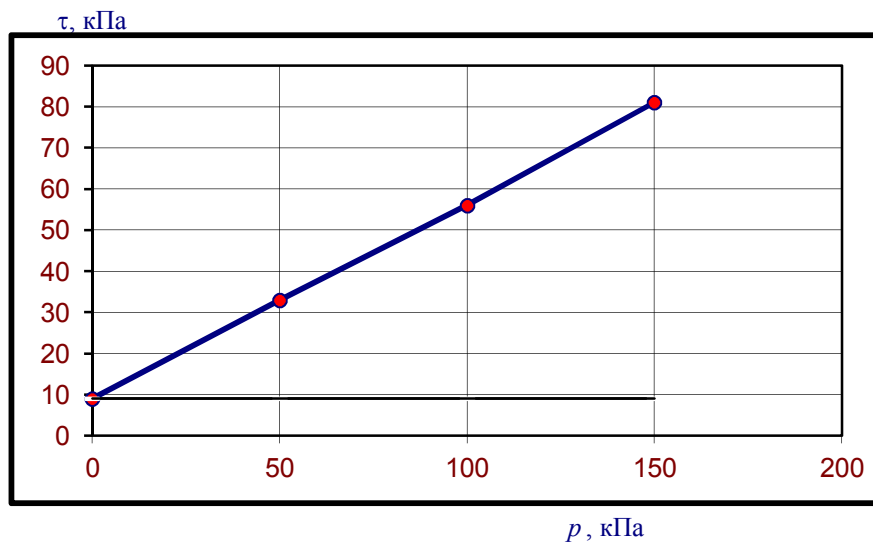
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
11% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
56	100
81	150

$$\varphi = 26^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,48$$



Паспорт грунта №38

Прочностные свойства

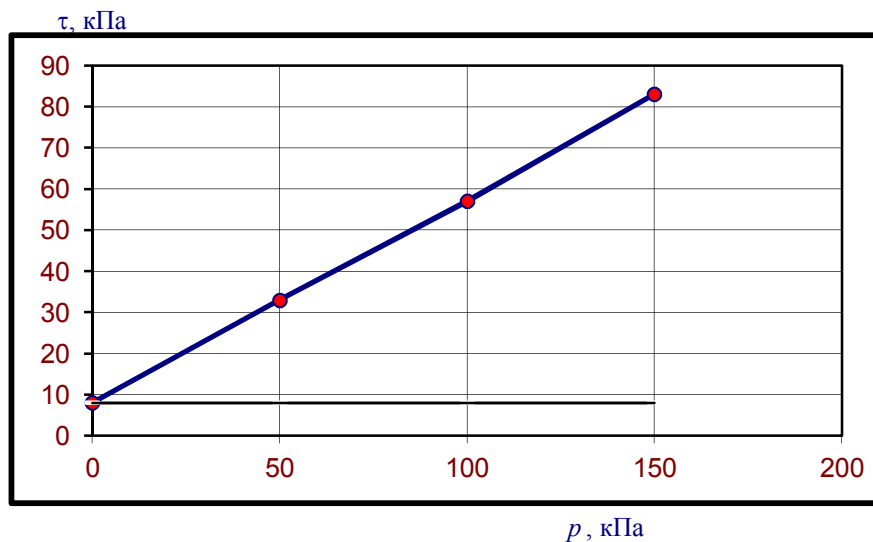
Сопротивление грунта сдвигу

**Песок крупный
с добавлением
16,5% дизельного топлива**

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
57	100
83	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 8 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,50$$



Паспорт грунта №39

Прочностные свойства

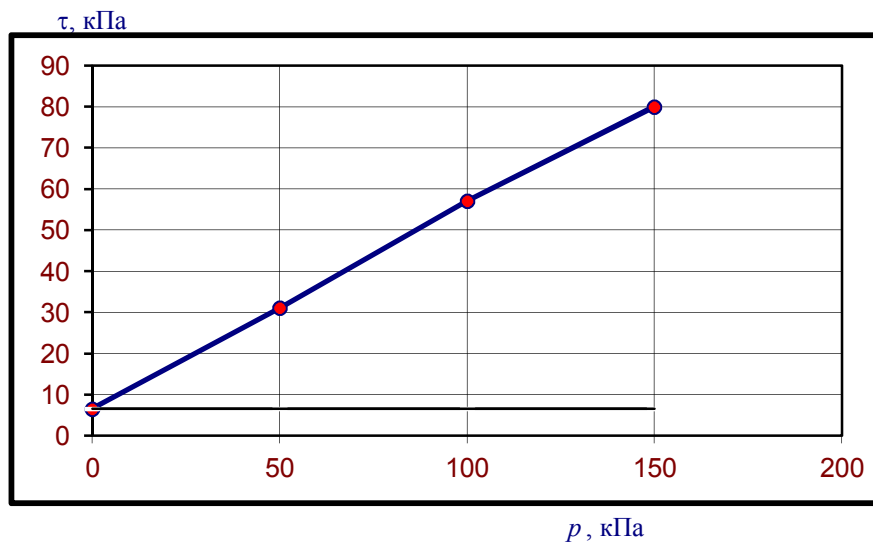
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
22% дизельного топлива

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
31	50
57	100
80	150

$$\varphi = 26^{\circ} \quad c = 7 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,49$$



Паспорт грунта №40

Прочностные свойства

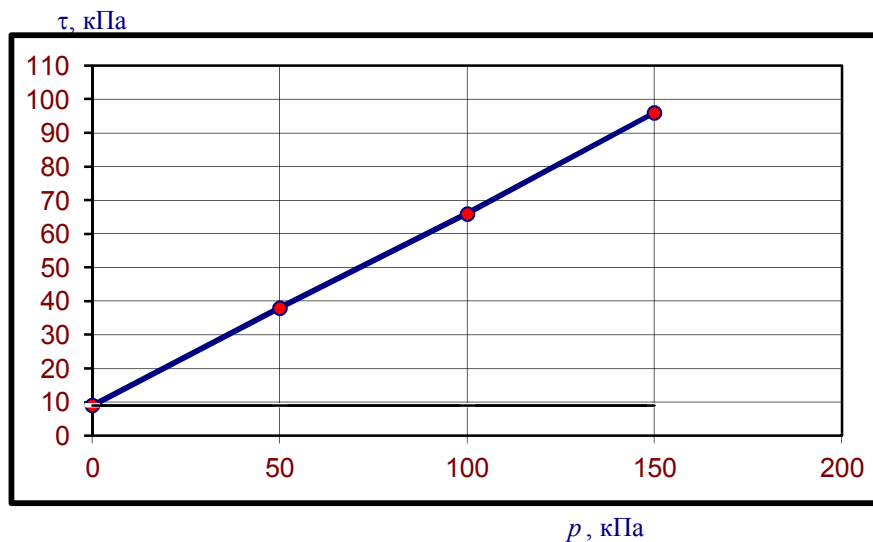
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
7% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
38	50
66	100
96	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,58$$



Паспорт грунта №41

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

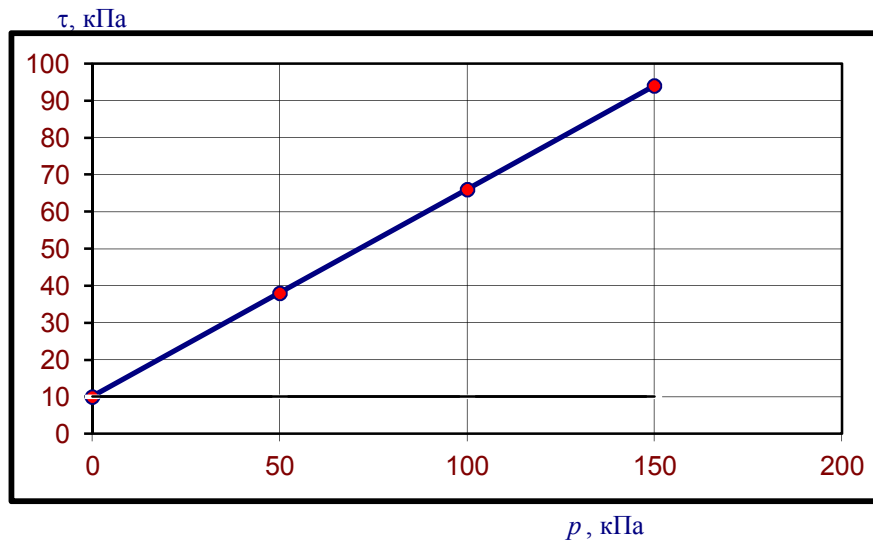
Песок мелкий
с добавлением
10% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
38	50
66	100
94	150

$$\varphi = 29^{\circ}$$

$$c = 10 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,56$$



Паспорт грунта №42

Прочностные свойства

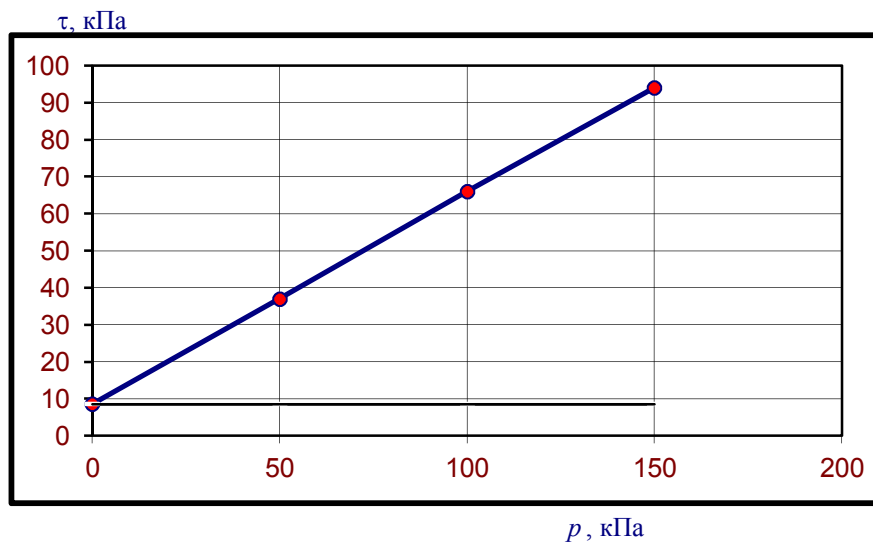
Сопротивление грунта сдвигу

Песок мелкий
с добавлением
14% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
37	50
66	100
94	150

$$\varphi = 30^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,57$$



Паспорт грунта №43

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

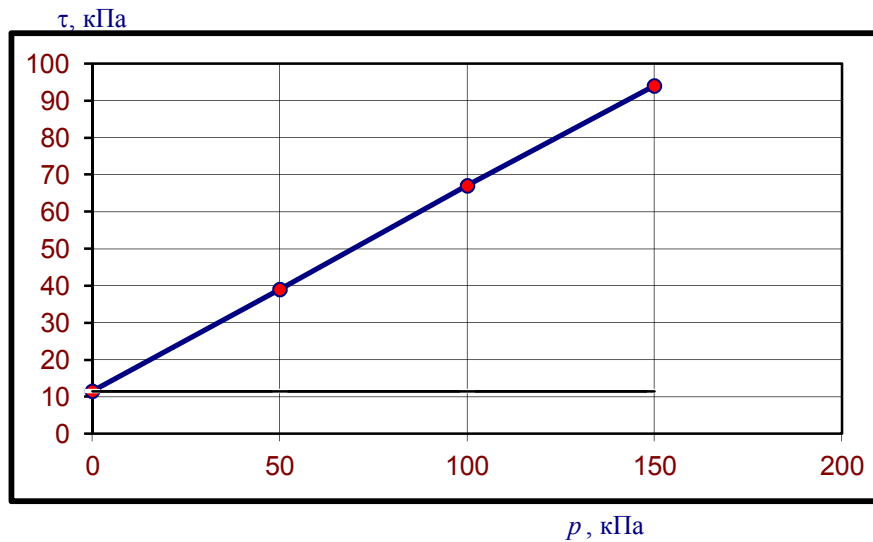
Песок мелкий
с добавлением
21% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
39	50
67	100
94	150

$$\varphi = 29^{\circ}$$

$$c = 12 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №44

Прочностные свойства

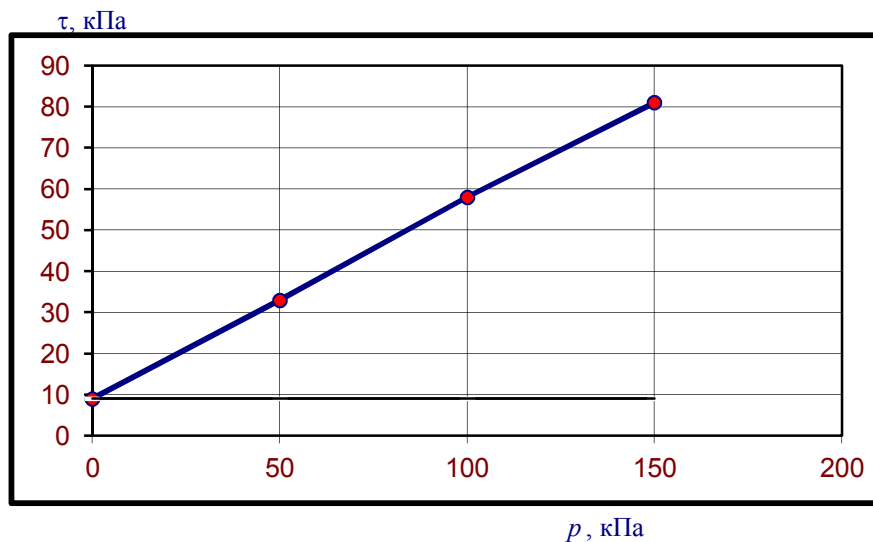
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
7% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
58	100
81	150

$$\varphi = 26^{\circ} \quad c = 9 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,48$$



Паспорт грунта №45

Прочностные свойства

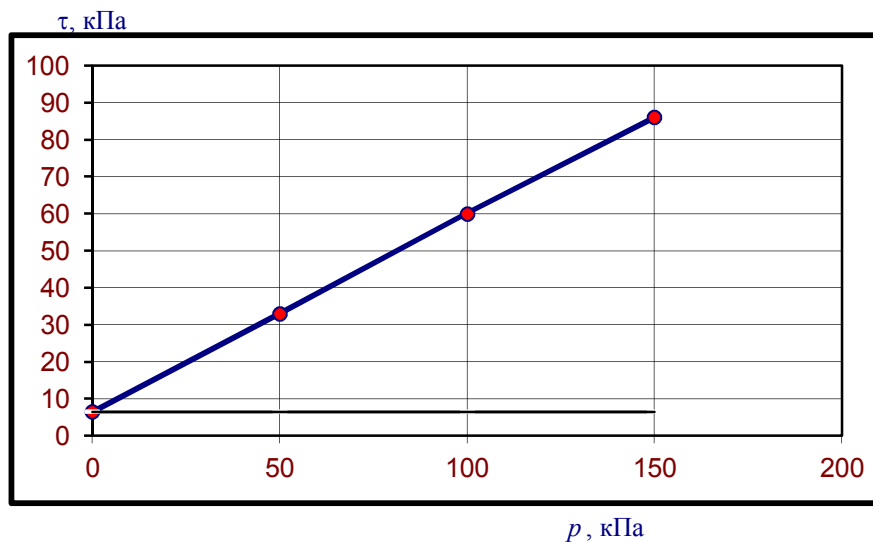
Сопротивление грунта сдвигу

Песок средней крупности
с добавлением
10% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
60	100
86	150

$$\varphi = 28^{\circ} \quad c = 7 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,53$$



Паспорт грунта №46

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

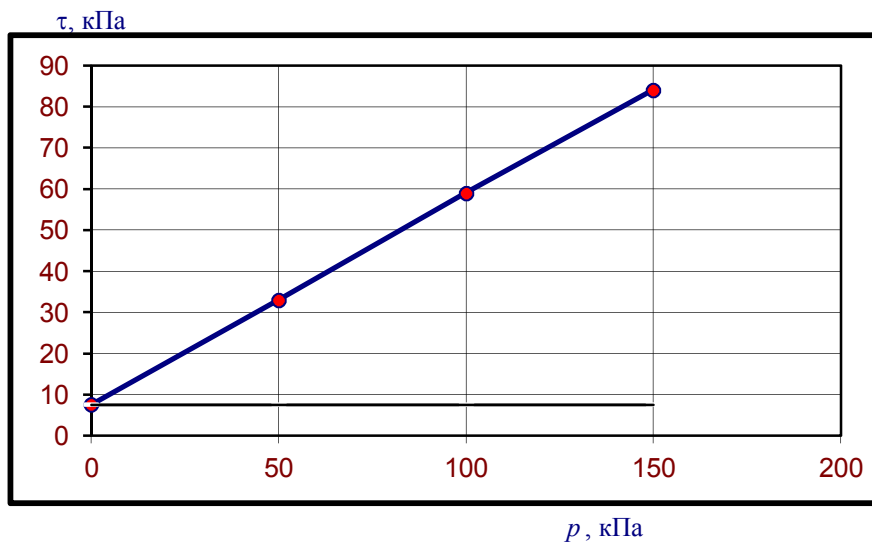
Песок средней крупности
с добавлением
15% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
59	100
84	150

$$\varphi = 27^{\circ}$$

$$c = 8 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,51$$



Паспорт грунта №47

Прочностные свойства

Сопротивление грунта сдвигу

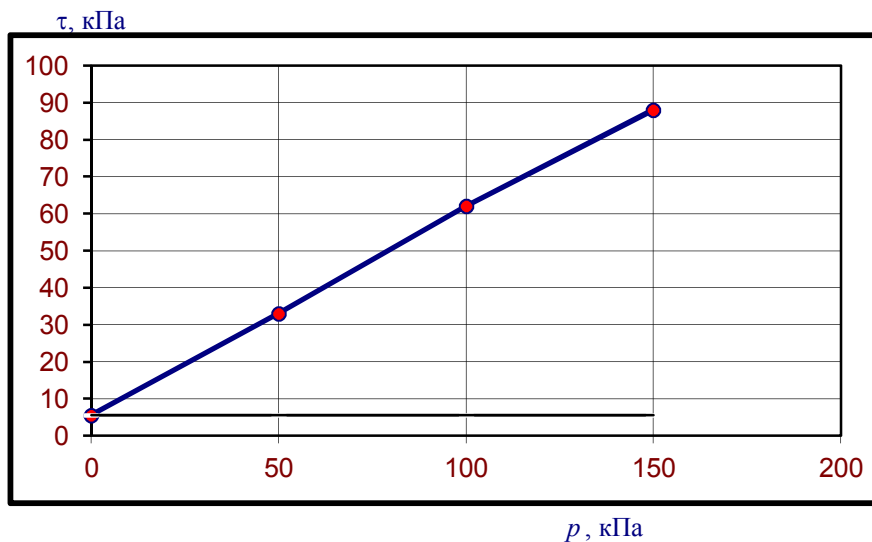
Песок средней крупности
с добавлением
20% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
62	100
88	150

$$\varphi = 29^{\circ}$$

$$c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №48

Прочностные свойства

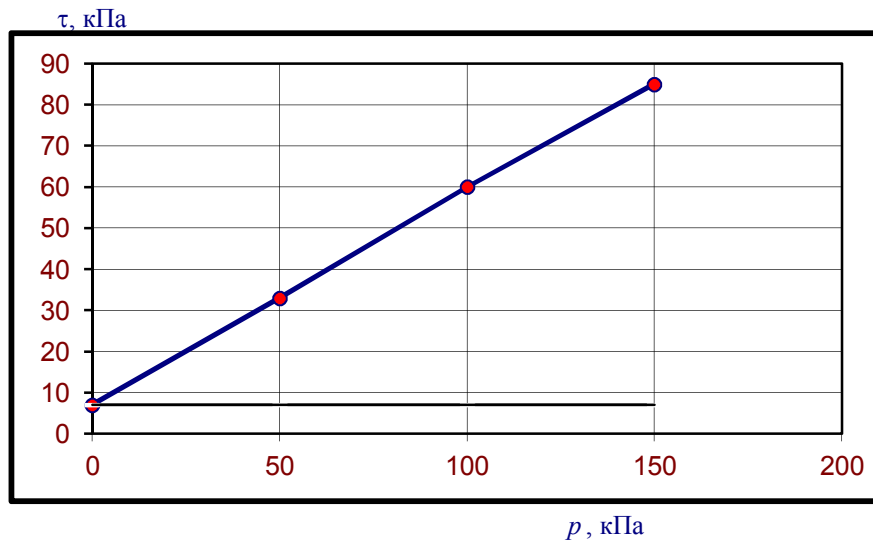
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
5,5% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
60	100
85	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 7 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,52$$



Паспорт грунта №49

Прочностные свойства

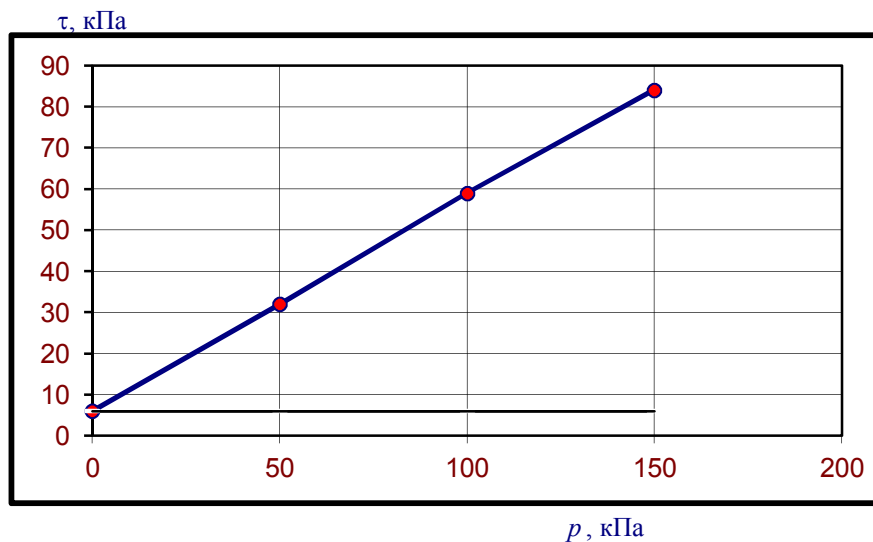
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
7% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
59	100
84	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,52$$



Паспорт грунта №50

Прочностные свойства

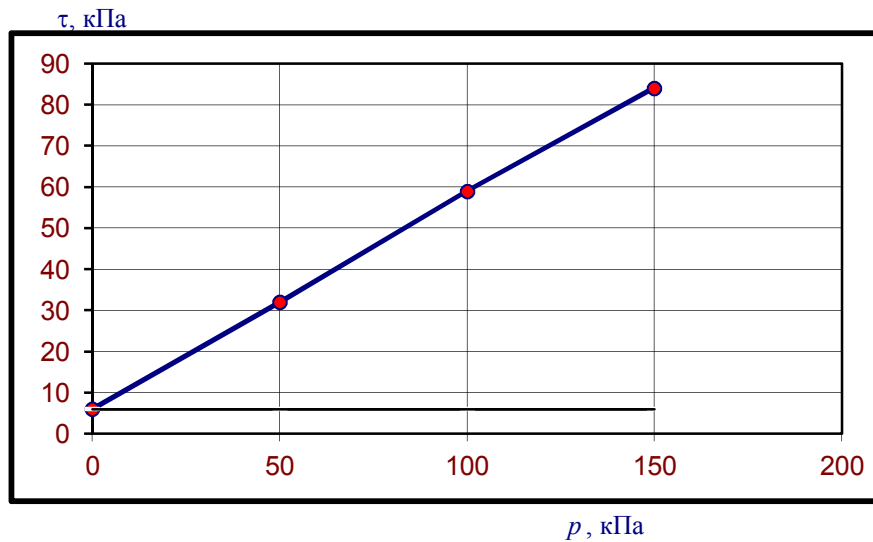
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
11% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
32	50
59	100
84	150

$$\varphi = 27^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,52$$



Паспорт грунта №51

Прочностные свойства

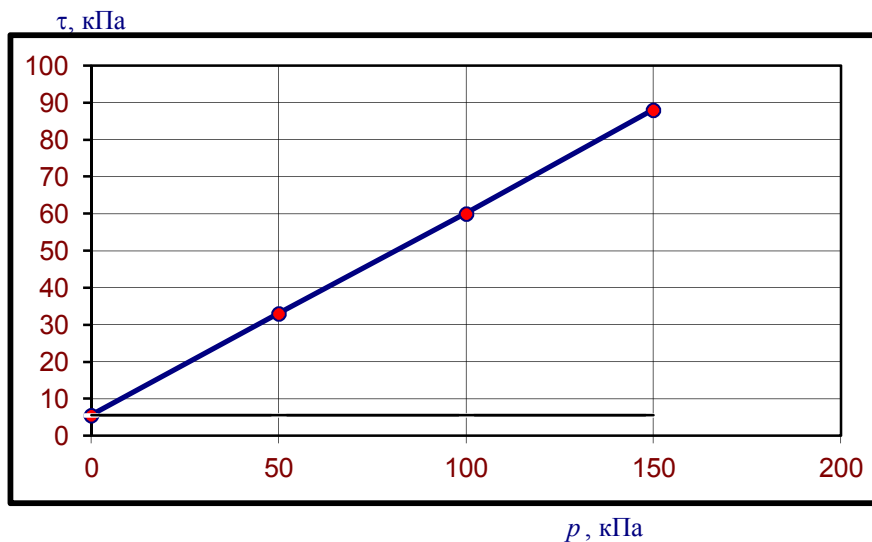
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
16,5% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
60	100
88	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Паспорт грунта №52

Прочностные свойства

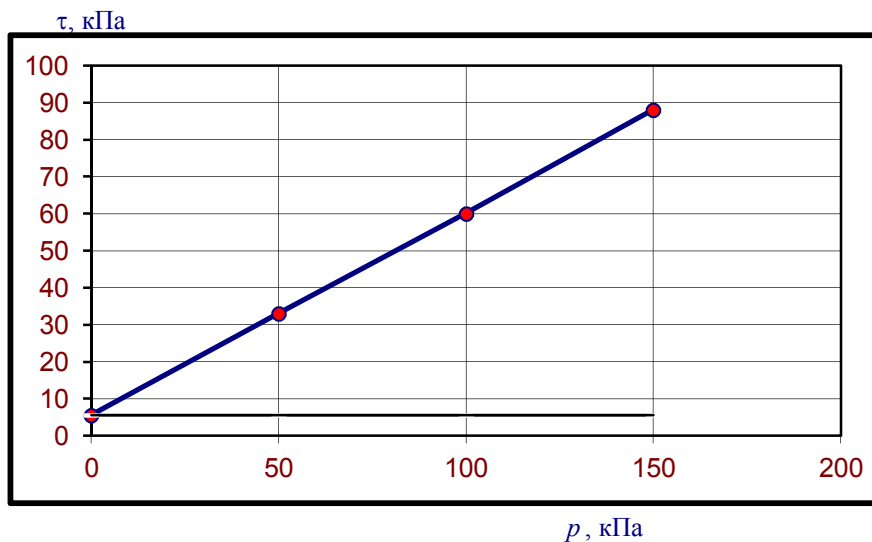
Сопротивление грунта сдвигу

Песок крупный
с добавлением
22% трансмис-го масла

В водонасыщенном состоянии	
τ	p
33	50
60	100
88	150

$$\varphi = 29^{\circ} \quad c = 6 \text{ кПа}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,55$$



Графические приложения

Условные обозначения






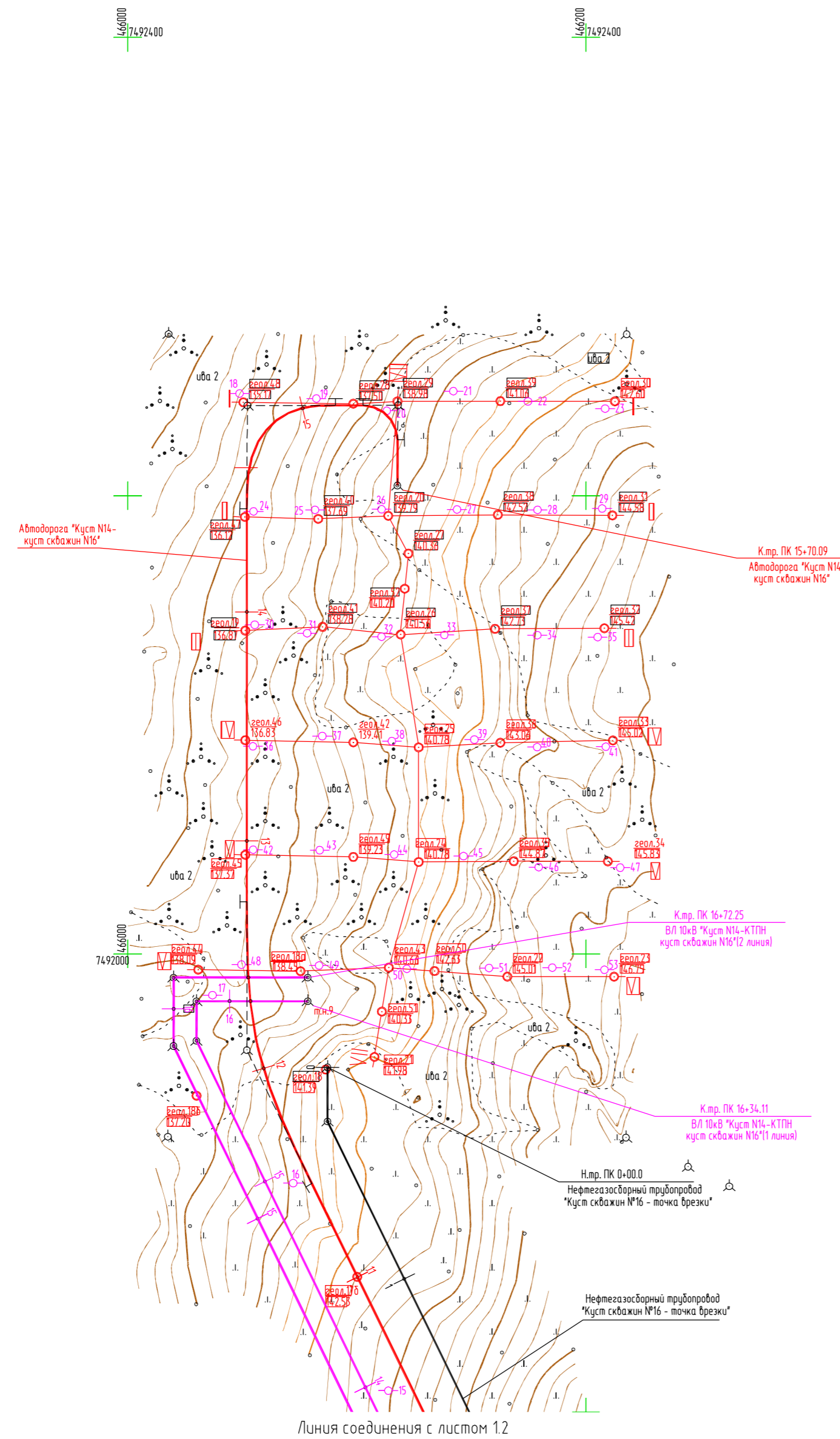
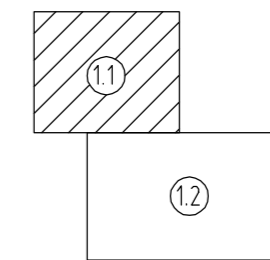
-  Инженерно-геологическая скважина, ее номер
Абсолютная отметка, м
-  Линия инженерно-геологического разреза
-  Точка наблюдения инженерно-геологического обследования
-  Точка вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), ее номер
-  Точка измерения разности потенциалов (для определения наличия блуждающих токов), ее номер

Схема расположения листов

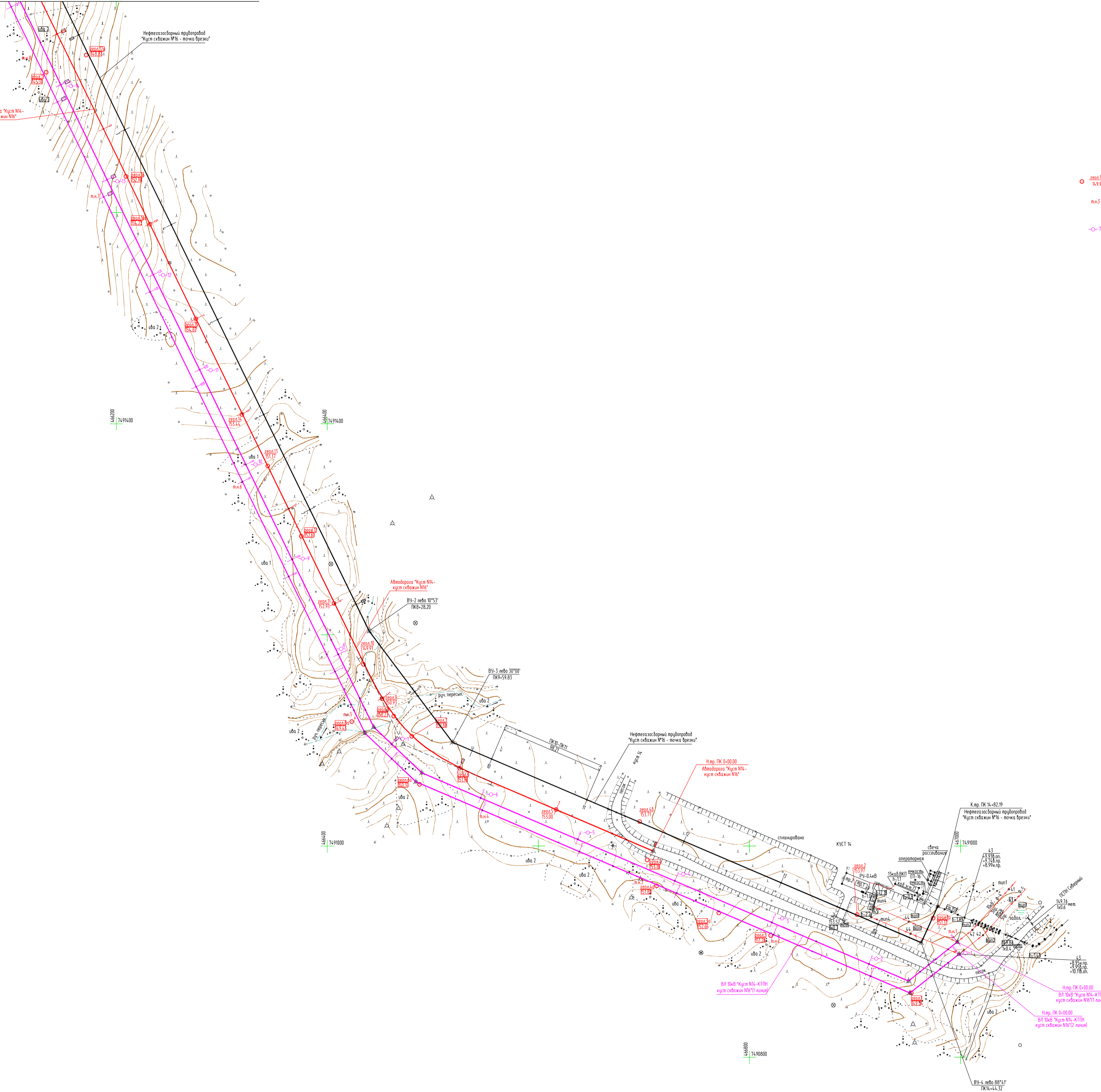


1. Система координат местная
2. Система высот Балтийская
3. Изыскания выполнены в ноябре - декабре 2010 г.
4. В качестве топоосновы использован план масштаба 1:2000 съемки выполненной ООО "Недра" в ноябре 2010 г.

Изд. № 001
Подпись и дата
Взам. инв. №

Графическое приложение 1					
Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций. Северо-Харьязинское нефтяное месторождение					
Изм.	Колуч.	Лист	Док.	Подпись	Дата
Выполнила	Ядзинская				12.10
Коридор коммуникаций "Куст 16-Куст14"				Стадия	Лист
				РП	1.1
				Листов	2
Карта фактического материала М 1:2000				ООО НИПППД "Недра"	

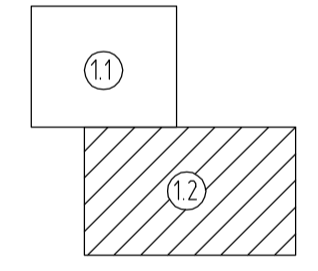
Линия соединения с листом 11



Условные обозначения

- И.скв.16 Инженерно-геологическая скважина, ее номер
Абсолютная отметка, м
- п.к.3 Точка наблюдения инженерно-геологического обследования
- 7 Точка вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), ее номер
- Точка измерения разности потенциалов (для определения наличия длуждающих токов), ее номер

Схема расположения листов

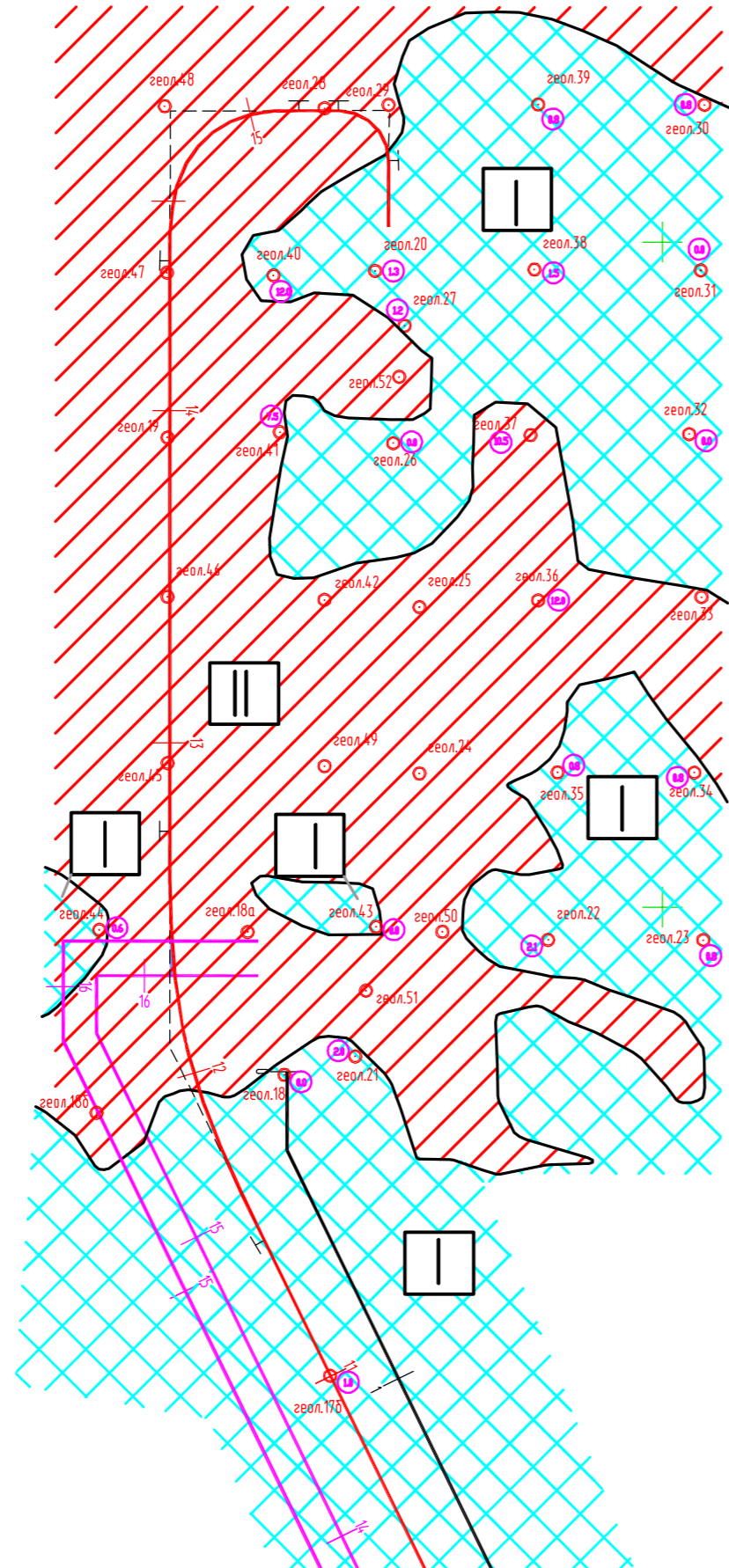


1. Система координат местная
2. Система высот Балтийская
3. Изыскания выполнены в ноябре-декабре 2010 г.
4. В качестве топоосновы использован план масштаба 1:2000 съемки выполненной ООО "Недра" в ноябре 2010 г.

Графическое приложение 1					
Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций. Северо-Харьязинское нефтяное месторождение					
Изм.	Колуч.	Лист	Док.	Подпись	Дата
Выполнила	Явзвская				12.10
Коридор коммуникаций "Куст 16-Куст14"				Стадия	Лист
				РП	1.2
Карта фактического материала М 1:2000				Листов	2
ООО НИПППД "Недра"					

И.скв.16
И.скв.17
И.скв.18
И.скв.19
И.скв.20
И.скв.21
И.скв.22
И.скв.23
И.скв.24
И.скв.25
И.скв.26
И.скв.27
И.скв.28
И.скв.29
И.скв.30
И.скв.31
И.скв.32
И.скв.33
И.скв.34
И.скв.35
И.скв.36
И.скв.37
И.скв.38
И.скв.39
И.скв.40
И.скв.41
И.скв.42
И.скв.43
И.скв.44
И.скв.45
И.скв.46
И.скв.47
И.скв.48
И.скв.49
И.скв.50
И.скв.51
И.скв.52
И.скв.53
И.скв.54
И.скв.55
И.скв.56
И.скв.57
И.скв.58
И.скв.59
И.скв.60
И.скв.61
И.скв.62
И.скв.63
И.скв.64
И.скв.65
И.скв.66
И.скв.67
И.скв.68
И.скв.69
И.скв.70
И.скв.71
И.скв.72
И.скв.73
И.скв.74
И.скв.75
И.скв.76
И.скв.77
И.скв.78
И.скв.79
И.скв.80
И.скв.81
И.скв.82
И.скв.83
И.скв.84
И.скв.85
И.скв.86
И.скв.87
И.скв.88
И.скв.89
И.скв.90
И.скв.91
И.скв.92
И.скв.93
И.скв.94
И.скв.95
И.скв.96
И.скв.97
И.скв.98
И.скв.99
И.скв.100

С



Линия соединения с листом 2.2

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ИЗОБРАЖЕНИЯ	
Наименование	Обозначение
Инженерно-геологическая скважина, ее номер	○ геол.1
Глубина залегания кровли многолетнемерзлых грунтов	9.8
Таксоны	
Устойчивая к деформациям территория	
Менее устойчивая к деформациям территория	

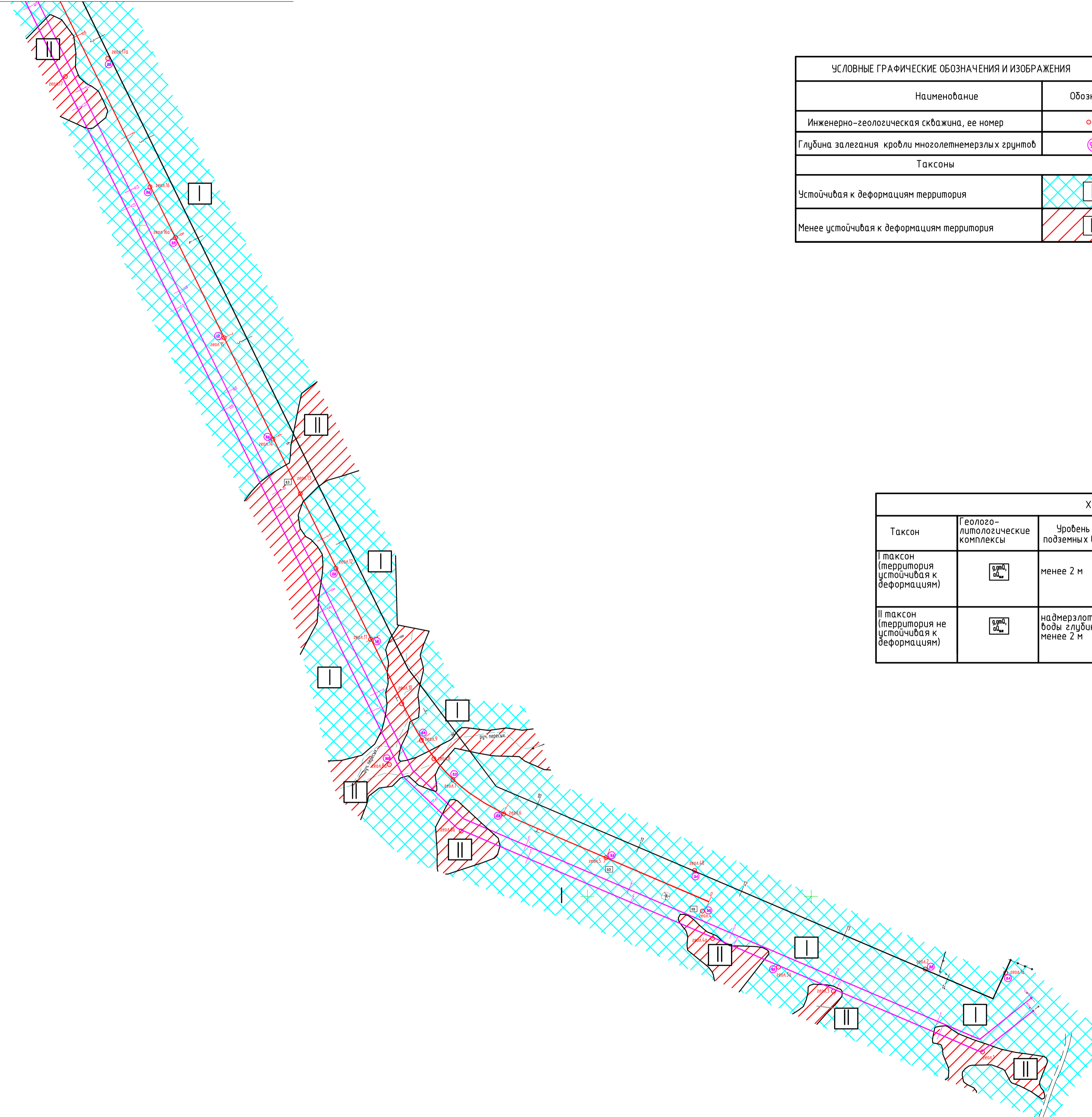
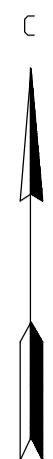
ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОВ					
Таксон	Геолого-литологические комплексы	Уровень подземных вод	Процессы	Специфические грунты, мощность	Выделенные ИГЭ, нормативные нагрузки
I таксон (территория устойчивая к деформациям)		менее 2 м	подтопление территории	многолетне-мерзлые грунты	ИГЭ 1 $\rho=1,96\text{г/м}^3$, $c=17\text{кПа}$, $\varphi=15^\circ$, $E=13\text{МПа}$; ИГЭ 2 $\rho=1,80\text{г/м}^3$, $R=550\text{кПа}$, $Raf=54\text{кПа}$, $Rsh=80\text{кПа}$; ИГЭ 3 $\rho=2,06\text{г/м}^3$, $c=30\text{кПа}$, $\varphi=17^\circ$, $E=20\text{МПа}$; ИГЭ 4 $\rho=1,97\text{г/м}^3$, $R=850\text{кПа}$, $Raf=60\text{кПа}$, $Rsh=80\text{кПа}$;
II таксон (территория не устойчивая к деформациям)		надмерзлотные воды глубиной менее 2 м	подтопление территории, морозное пучение	многолетне-мерзлые грунты	ИГЭ 1 $\rho=1,96\text{г/м}^3$, $c=17\text{кПа}$, $\varphi=15^\circ$, $E=13\text{МПа}$; ИГЭ 2 $\rho=1,80\text{г/м}^3$, $R=550\text{кПа}$, $Raf=54\text{кПа}$, $Rsh=80\text{кПа}$; ИГЭ 3 $\rho=2,06\text{г/м}^3$, $c=30\text{кПа}$, $\varphi=17^\circ$, $E=20\text{МПа}$; ИГЭ 4 $\rho=1,97\text{г/м}^3$, $R=850\text{кПа}$, $Raf=60\text{кПа}$, $Rsh=80\text{кПа}$;

1. Система высот Балтийская
2. В качестве топоосновы использован план масштаба 1:2000 съемки выполненной ООО "Недра" в ноябре 2010г.

Взам. инв.№
Подпись и дата
Инв.№ подл.

Графическое приложение 2					
Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций Северо-Харьязинское нефтяное месторождение					
Изм.	Колуч.	Лист	Док.	Подпись	Дата
Выполнила	Явззинская				12.10
Коридор коммуникаций "Куст 16-Куст14"				Стадия	Лист
				РП	2.1
Карта инженерно-геоэкологического районирования Масштаб 1:2000				Листов	2

Линия соединения с листом 2.1



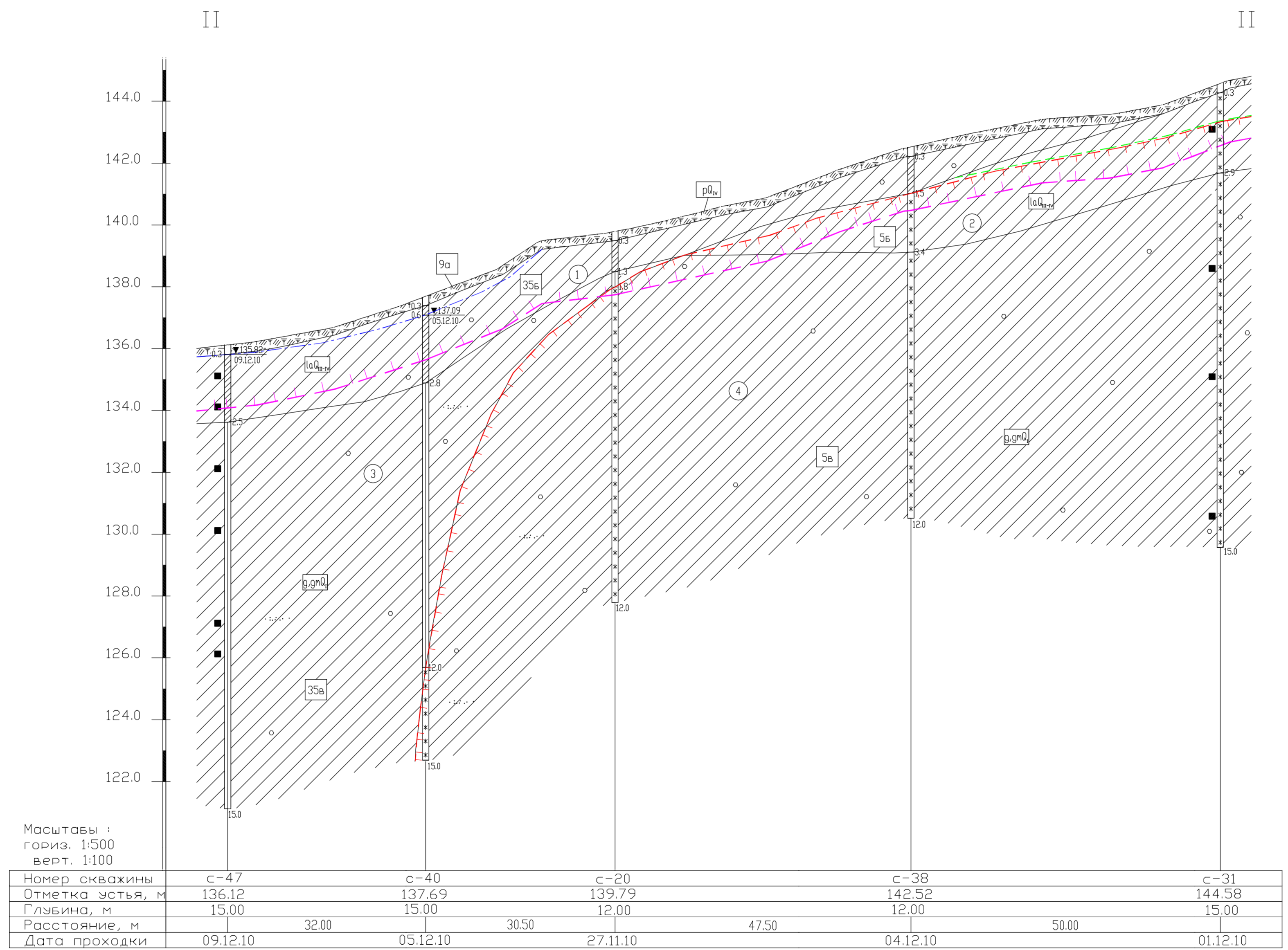
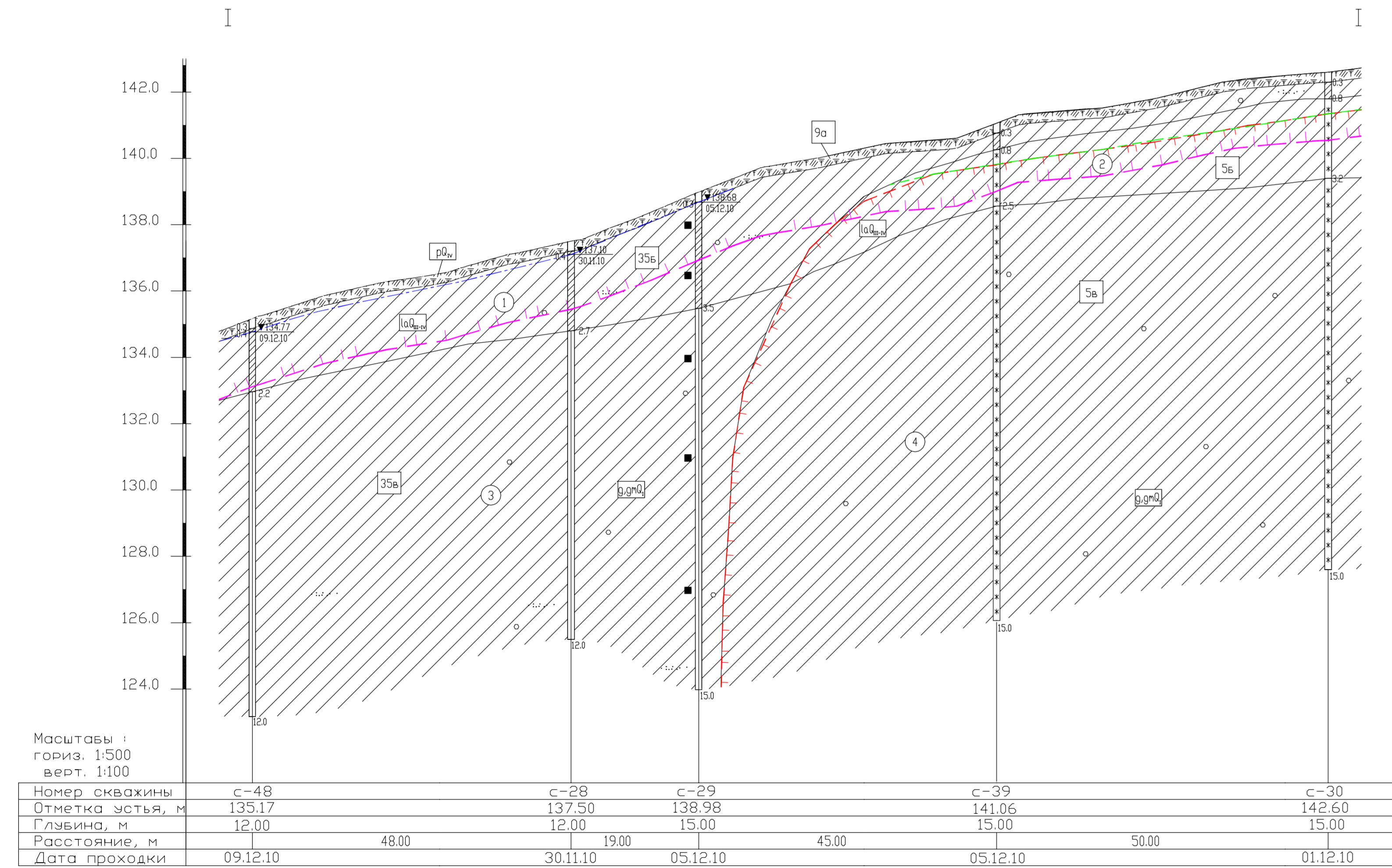
УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ИЗОБРАЖЕНИЯ	
Наименование	Обозначение
Инженерно-геологическая скважина, ее номер	○ схем. №1
Глубина залегания кровли многолетнемерзлых грунтов	⊖ 9.9
Таксоны	
Устойчивая к деформациям территория	▦
Менее устойчивая к деформациям территория	▨

ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОВ					
Таксон	Геолого-литологические комплексы	Уровень подземных вод	Процессы	Специфические грунты, мощность	Выделенные ИГЭ, нормативные нагрузки
I таксон (территория устойчивая к деформациям)	⊠	менее 2 м	подтопление территории	многолетне-мерзлые грунты	ИГЭ 1 ρ=1,96г/м³, с=17кПа, φ=15°, E=13МПа; ИГЭ 2 ρ=1,80г/м³, R=550кПа, Raf=54кПа, Rsh=80кПа; ИГЭ 3 ρ=2,06г/м³, с=30кПа, φ=17°, E=20МПа; ИГЭ 4 ρ=1,97г/м³, R=850кПа, Raf=60кПа, Rsh=80кПа;
II таксон (территория не устойчивая к деформациям)	⊠	надмерзлотные воды глубиной менее 2 м	подтопление территории, морозное пучение	многолетне-мерзлые грунты	ИГЭ 1 ρ=1,96г/м³, с=17кПа, φ=15°, E=13МПа; ИГЭ 2 ρ=1,80г/м³, R=550кПа, Raf=54кПа, Rsh=80кПа; ИГЭ 3 ρ=2,06г/м³, с=30кПа, φ=17°, E=20МПа; ИГЭ 4 ρ=1,97г/м³, R=850кПа, Raf=60кПа, Rsh=80кПа;

1. Система высот Балтийская
2. В качестве топоосновы использован план масштаба 1:2000 съемки выполненной ООО "Недра" 6 ноября 2010г.

Графическое приложение 2							
Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций. Северо-Харьягинское нефтяное месторождение							
Им.	Копия	Лист	Док.	Подпись	Дата		
Выполнила	Явзгинская				12.10		
Коридор коммуникаций "Куст 16-Куст14"					Стадия	Лист	Листов
Карта инженерно-геокриологического районирования Масштаб 1:2000					РП	2.2	2

Изд. № 1/2010
Подпись и дата
Взнос, руб/л



- ### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
- 9a Пылевато-растительный слой (мох) сезонных пород
 - 35a Суглинок тяжелый пылеватый, легкий песчанистый, комковатый, серовато-коричневый мелкопластинчатый, местами с прослоями песка, редкого намокшего водой, с включениями вкраплениями гравия и гальки И 3-1, 100_г
 - 5a Суглинок комковатый пластинчатый, пылеватый, мелкозернистый, с включениями гравия и гальки мелко-крупнозернистого состава до 5%, И 3-2, 100_г
 - 35b Суглинок тяжелый пылеватый, легкий песчанистый темно-серый, серый тугопластинчатый, местами с прослоями глины тугопластинчатой и с прослоями песка серого, желтого оттенков водонасыщенный, мощностью до 2,0 см, с включениями гравия и гальки мелко-крупнозернистого состава сплюснутых до 5-10%, И 3-3, 100_г
 - 5b Суглинок серый, темно-серый пластинчатый, слабоблиственный, мелкозернистый тонко и среднезернистый средне и редкослоистый, с включениями гравия и гальки мелко-крупнозернистого состава сплюснутых до 5-10%, И 3-4, 100_г
 - ○ Вкрапления гравия и гальки
 - Прослойки песка
 - 100_г Стратиграфический возраст и генетический индекс
 - 1 Номер именованно-геологического элемента
 - 9a Плита гравитов по технологии разработки согласно ГОСТ 81-82-78-2000 Включенный глины, 10
 - граница неоглобленеземляк пород
 - граница консолидной глины сезонного промерзания гравитов
 - уровень подземных вод
 - граница консолидной глины сезонного оттаивания гравитов
 - Консистенция глинистых гравитов**
 - тупопластинчатая
 - мелкопластинчатая
 - мезозле состояние гравита
 - Инженерно-геологическая скважина**
 - ○ устанавливаемая уровень подземных вод, слева абсолютная отметка и дата замера, справа глины
 - место отбора проб гравитов неагрегированной фракции
 - глины заготовки подовый слой, м
 - глины скважины, м

Графическое приложение 3					
Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций Северо-Харьгинское нефтяное месторождение					
Изм.	Коррек.	Лист	Век	Подпись	Дата
Геолог	Языцкая				12.10
Площадка куста скважин №16				Станд.	Лист
Инженерно-геологические разрезы по линиям I-I, II-II				РП	3 1
Масштаб зор. 1:500, берн. 1:100				ООО НИИППОД "Недра"	
Формат А3x4					

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- 9a Палео-растительный слой (пох) сезонномерзлая
- 35б Суглинок тяжелый пылеватый, легкий песчаный, косиновый, серовато-косиновый мелкопластинчатый, местами с прослоями песка, зернистый, местами с включениями гравия и гальки, ИЭ-1, 6а, 6б
- 5а Суглинок косиновый пластинчатый, ледистый, криогенная текстура косиновая, тонкокристаллическая, местами с тонкими прослоями песка серовато-косинового, мощностью 10-20 см, с единичными включениями гравия и гальки, ИЭ-2, 6а, 6б
- 35в Суглинок тяжелый пылеватый темно-серый, серый тугопластинчатый, местами с прослоями глины тугопластинчатой, с включениями гравия и гальки кварцево-кременистого состава слабобокатных до 5-10%, местами с прослоями песка мелкого и среднего, ИЭ-3, 6а, 6б
- 5в Суглинок серый, темно-серый пластинчатый, слаболистый, комковатый мелко- и среднекристаллический, с включениями гравия и гальки кварцево-кременистого состава слабобокатных до 5-10%, ИЭ-4, 6а, 6б

Включения гравия и гальки

Прослойки песка

Стратиграфический возраст и генетический индекс

Номер инженерно-геологического элемента

Группа гравия по крупности фракции согласно ГОСТ 8468-84 (Полное наименование: ИЭ)

Граница многопластовых гравий

Граница сезонного промерзания гравий

Уровень подземных вод

Граница сезонного оттаивания гравий

Консистенция глинистых гравий:

тугопластинчатая

мелкопластинчатая

непластичное состояние гравия

Инженерно-геологическая скважина:

Устойчивый уровень подземных вод, слева - расчетная отметка и дата замеров, справа - глинистая

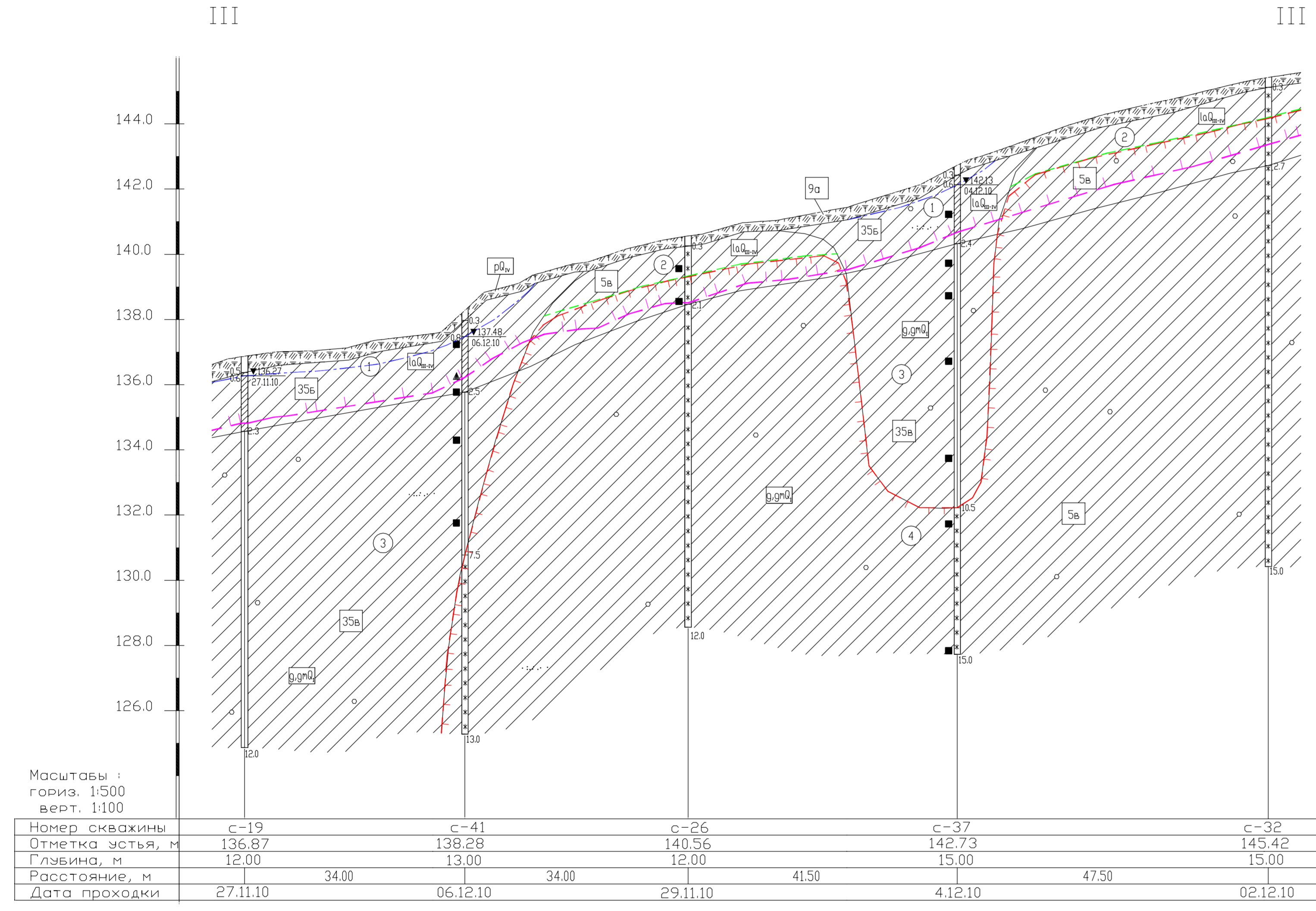
Место отбора проб воды на анализе

Место отбора проб гравия из верхней стратификации

Место отбора проб гравия из нижней стратификации

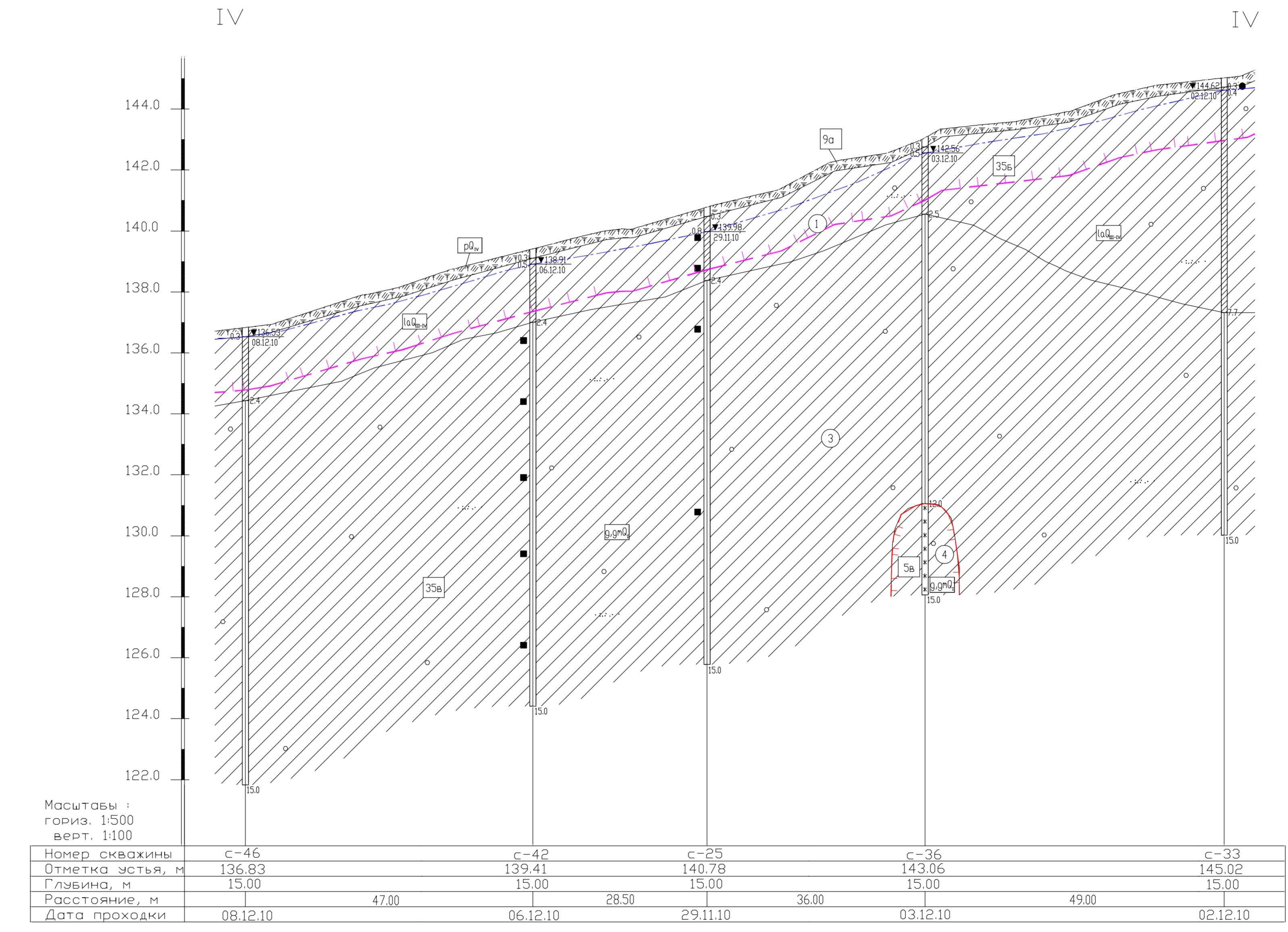
Глубина залегания подошвы слоя, м

Глубина скважины, м



Масштабы :
гориз. 1:500
верт. 1:100

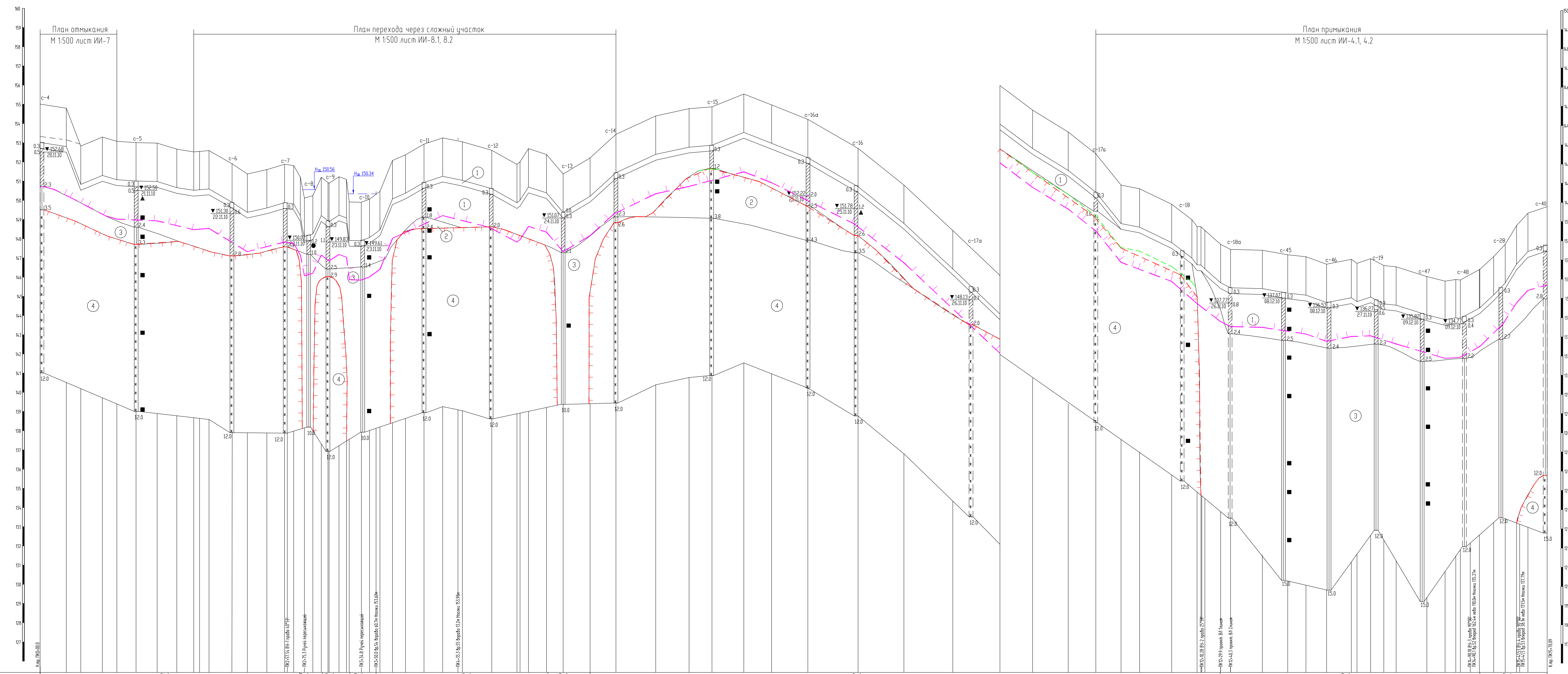
Номер скважины	с-19	с-41	с-26	с-37	с-32
Отметка устья, м	136.87	138.28	140.56	142.73	145.42
Глубина, м	12.00	13.00	12.00	15.00	15.00
Расстояние, м	34.00	34.00	41.50	47.50	15.00
Дата проходки	27.11.10	06.12.10	29.11.10	4.12.10	02.12.10



Масштабы :
гориз. 1:500
верт. 1:100

Номер скважины	с-46	с-42	с-25	с-36	с-33
Отметка устья, м	136.83	139.41	140.78	143.06	145.02
Глубина, м	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Расстояние, м	47.00	28.50	36.00	49.00	15.00
Дата проходки	08.12.10	06.12.10	29.11.10	03.12.10	02.12.10

Графическое приложение 4					
Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций. Северо-Харьгинское нефтяное месторождение					
Изм.	Коррек.	Лист	Век	Подпись	Дата
Геолог	Языцкая				12.10
Площадка куста скважин №16				Станд.	Лист
Инженерно-геологические разрезы по линиям III-III, IV-IV				РП	4
Масштаб: гор. 1:500, верт. 1:100				Листов	1
				ООО НПППД "Недра"	
Формат А3x4					



У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

Номер гранта	Гранта	Наименование гранта
1а	9а	Повысно-растительный слой
1	35а	Суглики тяжелые пылеватые, непросадочные
2	5б	Суглики тяжелые пылеватые, пыльные, просадочные
3	35б	Суглики тяжелые пылеватые, пылопесчаные
4	5б	Суглики тяжелые пылеватые, пыльные, просадочные

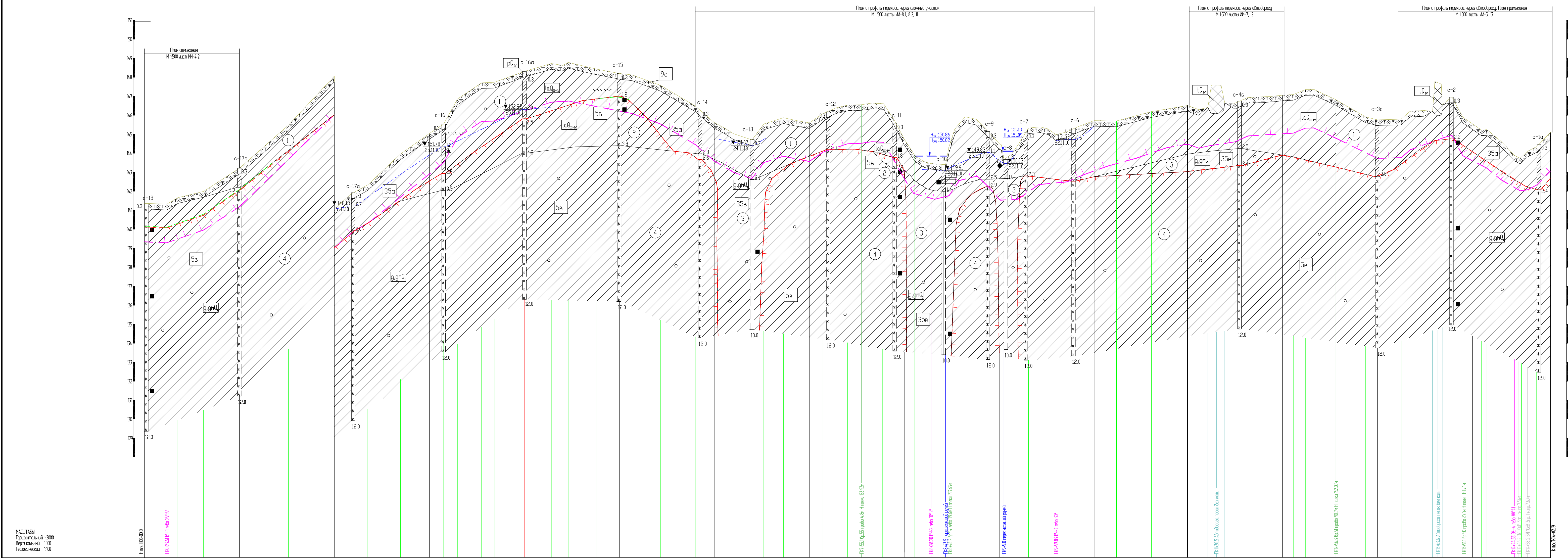
- Исчерпано-геологическая скважина**
 срединная на линии профиля
- Исчерпано-геологическая скважина**
 с отклонением от линии профиля
- Консистенция глинистых грантов:**
 мягкопластичная
 тугопластичная
- ① номер исчерпано-геологического элемента (ИГЭ)
- граница несогласных пород
 --- граница несогласия глин
 --- граница несогласия глин
 --- граница несогласия глин
- ▲ место отбора проб гранта
 ▲ место отбора проб гранта
 ▲ место отбора проб гранта
- ▼ истинная глубина залегания подошвы слоя, м
 ▲ истинная глубина залегания подошвы слоя, м
 ▲ истинная глубина залегания подошвы слоя, м
- 120 глубина скважины, м
 120 метрские гранты

1. Система высот Балтийская
2. Изъяснения выполнены в ноябре 2010 г.
3. План трассы М12000 масштаба 919-ИИ-3.1, 3.2

Масштаб:
 Горизонтальный: 1:500
 Вертикальный: 1:100
 Гидроусловный: 1:100

Тип местности по обложению	Поперечное сечение	
	слева	справа
Левый ковет	Укрепление	
	Уклон, %, длина, м	
Правый ковет	Укрепление	
	Уклон, %, длина, м	
Чклон, %, вертикаль, кривая, м	Уклон, %, длина, м	
	Отметка оси дорожцм	
Отметка земли	Отметка земли	
	Расстояние, м	
Пикет	Пикет	
	Элементы плана	
Километры	Километры	
	Километры	

Графическое приложение 6				
Обустройство участка скважин №16 с коридором коммуникации Северо-Харьязинское нефтяное месторождение				
Им.	Конт.	Лист	Век.	Подпись
Волог.	Явзюнская	12.10		
Внутрипромысловая автодорога "Куст 16-Куст14"				
Пробный профиль ПК0+00.0-ПК15+70.09				
Стадия	Лист	Листов		
РП	6	1		
ООО НИПППД "Недра"				
Формат А2x3				



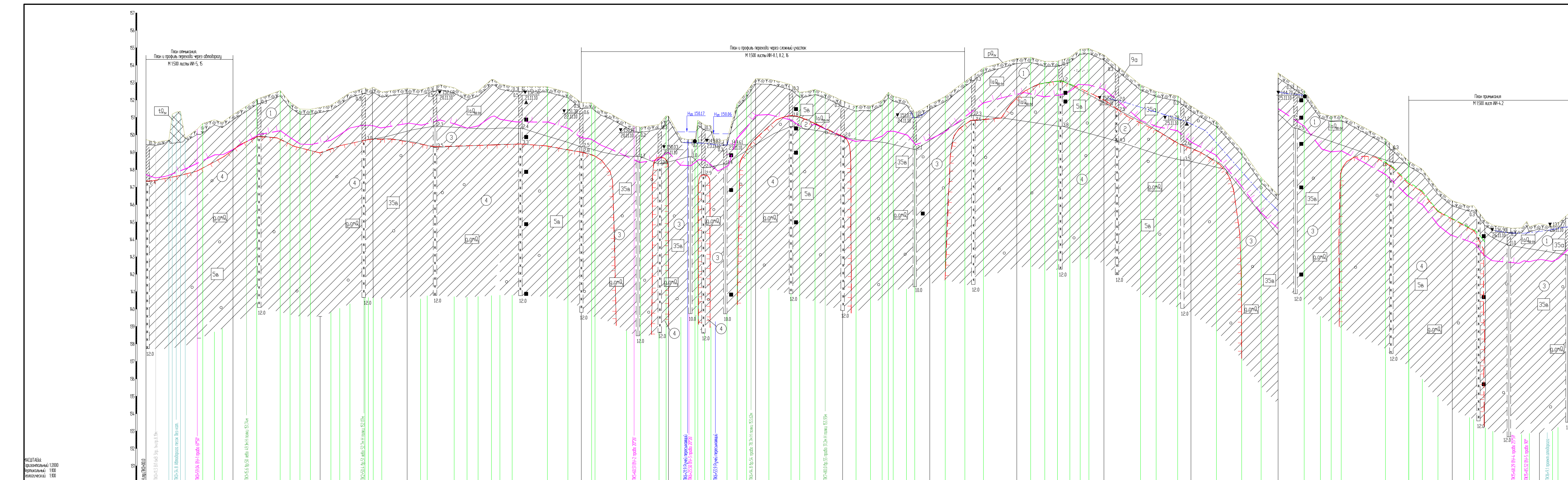
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Массивный гранит
 - 9а Пашенно-растительные слои (пах) сезонных культур
 - 35а Суглинок тяжелый пылеватый карбонавый, серовато-карбонавый мягкопластичивый, прослоями тугоглинистыми, местами с гравием до 5%, реже с прослоями песка, ИГЭ-1, 100 м
 - 5а Суглинок карбонавый пластично-каристовый, лессовидный, карбонатный, местами с прослоями песка, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава до 20%, ИГЭ-2, 100 м
 - 35б Суглинок тяжелый пылеватый темно-серый, серый тугоглинистый, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава до 5-10%, ИГЭ-3, 90 м
 - 5б Суглинок серый, темно-серый пластично-каристовый, слабодыстичивый, карбонатный, местами с прослоями песка, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава слабосланцевидно 5-10%, ИГЭ-4, 90 м
 - Включения гравия и гальки
 - Прослойки песка
 - Стратиграфический возраст и генетический индекс
 - Инженерно-геологический элемент
 - Граница гранитов по глубине разветки оголасто (СНиП 8-12-2001 Приложение (табл. 12))
 - Граница неконсолидированных глин
 - Граница неконсолидированных глин сезонного подтопления
 - Граница неконсолидированных глин сезонного оттаивания гранитов
- Консистенция глинистых гранитов:**
- мелкопесчаная тугоглинистая
 - невязкое состояние гранита
- Инженерно-геологическая сводка:**
- место отбора проб гранита карьерной структуры
 - место отбора проб гранита карьерной структуры
 - глина золотая подсыви слоя, м
 - глубина скважины, м

Инженерно-геологическая характеристика		ИГЭ 4 $\beta_n = 1,97$ $\gamma_{ср} = 18,5$ $R_n = 850$ кПа $R_{ср} = 60$ кПа $R_{пл} = 80$ кПа	ИГЭ 2 $\beta_n = 1,80$ $\gamma_{ср} = 18,5$ $R_n = 550$ кПа $R_{ср} = 54$ кПа $R_{пл} = 80$ кПа	ИГЭ 3 $\beta_n = 2,06$ $\gamma_{ср} = 17,5$ $R_n = 30$ кПа $\phi_n = 17$ $E = 20$ МПа	ИГЭ 1 $\beta_n = 1,96$ $\gamma_{ср} = 17,5$ $R_n = 17$ кПа $\phi_n = 15$ $E = 13$ МПа
Условия	Нх	Нх	Нх	Нх	Нх
Категория участка трубопровода	Классификация				
Труба $\phi \times S$, мм	Классификация				
Защита от механических повреждений	Классификация				
Тип противокоррозионной изоляции	Классификация				
Коррозионная агрессивность грунта	Классификация				
Защитный кожух $\phi \times S$, мм	Классификация				
Численность трубопровода	Классификация				
Безопасность работ	Классификация				
Глубина, м	Классификация				
Расстояние, м	Классификация				
Отметка низа трубы, м	Классификация				
Отметка земли, м	Классификация				
Расстояние между отметками, м	Классификация				
Пикетаж	Классификация				
План линии	Классификация				
Километры	Классификация				

1 Система высот Балтийская
2 Исследования выполнены в ноябре 2010 г.
3 План трассы М12000 sheets 919-ИИ-31, 32

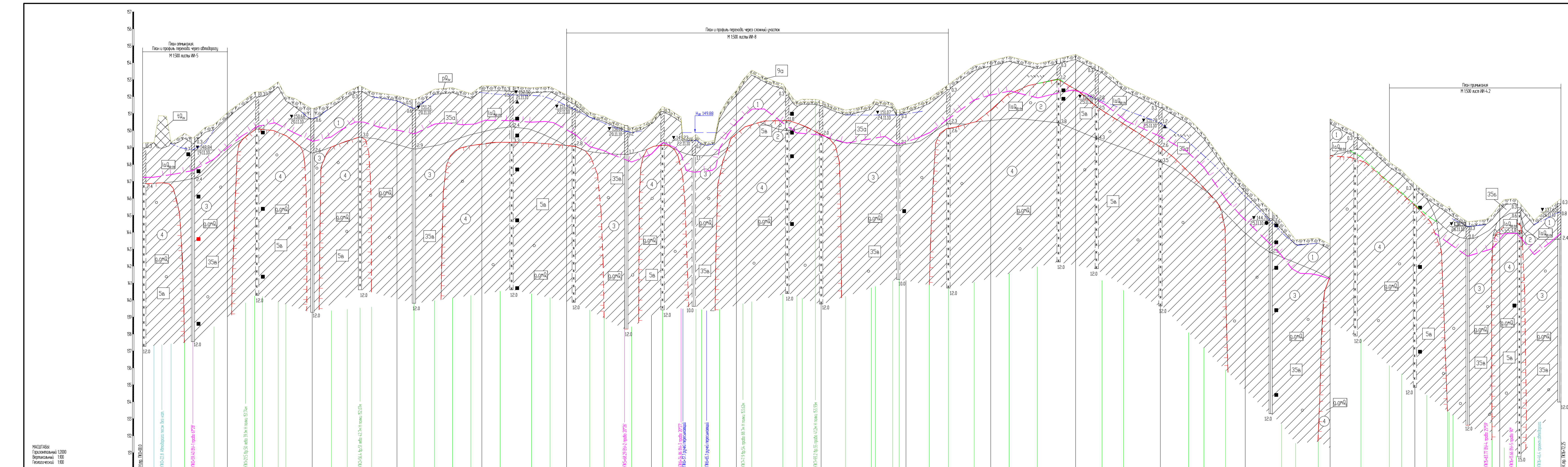
Графическое приложение 7					
Обустройство участка скважин №16 с коридором коммуникаций Северо-Харьезинское нефтяное месторождение					
Имя	Коллеги	Лист	Дата	Страница	Листов
Геолог	Язынская		12.10	РП	7 1
Нефтегазодобывающий трубопровод "Куст скважин №16-точка Фрезки"				Продольный профиль ПК0+00-ПК14+82.19	
				ООО НИППОД "Недра"	



- ### У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я
- Насыпной грунт
 - 9а Почвенно-растительный слой (мох) сезонномёрзлый
 - 35а,б Суглинок тяжелый пылеватый кариеватый, серовато-коричневый мелкопластичный, прослоями тугопластичный, местами с гравием до 3%, реже с прослоями песка, ИГЗ-1, I₀в_н
 - 5в Суглинок кариеватый пластичномёрзлый, льдистый, криогенная текстура массивная, тонкоиллювиальная среднеслоистая с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава до 3%, ИГЗ-2, I₀в_н
 - 35в Суглинок тяжелый пылеватый темно-серый, серый тугопластичный, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава до 5-10%, ИГЗ-3, g_гг₀
 - 5в Суглинок серый, темно-серый пластичномёрзлый, слабольдистый, криогенная текстура тонко и среднешлифовая средне и редкослоистая, с включениями гравия и гальки кварцево-кремнистого состава слабобокатных до 5-10%. ИГЗ-4, g_н0
 - ○ Включения гравия и гальки
 - Прослои песка
 - I₀в_н Стратиграфический возраст и генетический индекс
 - 1 Номер инженерно-геологического элемента
 - 9а Группа грунтов по твердости разработки согласно ГЗСН 81-02-Пз-2001 Приложения (спил. 1.1)
 - - - - - граница мюльгенеральных пород
 - - - - - Граница нормативной глины сезонного промерзания грунтов
 - - - - - Уровень подземных вод
 - - - - - Граница нормативной глины сезонного оттаивания грунтов
 - Consistency of clayey soils: мелкопластичная, тугопластичная
- Инженерно-геологическая скважина**
- установленный уровень подземных вод, слева абсолютная отметка и дата замера, справа глинистая масса отбора проб воды на кинематическую
 - ▲ место отбора проб грунта нарезанной стружкой
 - место отбора проб грунта ненарезанной стружкой
 - 5.2 глубина залегания подошвы слоя, м
 - 15.0 глубина скважины, м

1. Система высот Балтийская
2. Изыскания выполнены в ноябре 2010 г.
3. План трассы М12000 см.листы 919-ИИ-3.1, 3.2

Графическое приложение 8					
Обустройство куста скважин №6 с коридором коммуникаций Северо-Харьянское нефтяное месторождение					
Изм.	Холст	Лист	Дек.	Подпись	Дата
Геолог	Язвинская				12.10
ВЛ 10кВ "Куст скважин №14-КТПН куст скважин №16 (1 линия)				Станд.	Лист
Продольный профиль ПК0+00.0-ПК16+34.11				РП	1
				ООО НИПНПД "Недра"	1



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Насыпной грунт
- 9a Почвенно-растительный слой (мох) сезонномерзлый
- 35a Суглинок тяжелый пылеватый коричневый, серовато-коричневый мягкопластичный, прослоями тугопластичный, местами с гравием до 5%, рехе с прослоями песка, ИГЗ-1, l0,0 м
- 5a Суглинок коричневый пластиномерзлый, льдистый, криогенная текстура массивная, тонкоиллювиальная среднепесчаная, местами с прослоями песка, с включениями гравия и гальки кварцево-кременистого состава до 5%, ИГЗ-2, l0,0 м
- 35a Суглинок тяжелый пылеватый темно-серый, серый тугопластичный, местами с прослоями глины тугопластичной, с включениями гравия и гальки кварцево-кременистого состава до 5-10%, ИГЗ-3, g,gn0
- 5a Суглинок серый, темно-серый пластиномерзлый, слабодыстый, криогенная текстура тонкая и среднеиллювиальная средние и редкослойная, с включениями гравия и гальки кварцево-кременистого состава слабокатаных до 5-10%, ИГЗ-4, g,gn0
- Включения гравия и гальки
- Прослойки песка
- Стратиграфический возраст и генетический индекс
- Номер инженерно-геологического элемента
- Группа грунтов по твердости разработки согласно ГЗН 81-02-Пз-2001 Приложение (табл. 11)
- Граница многолетнемерзлых пород
Граница нормативной глины сезонного промерзания грунтов
Уровень подземных вод
Граница нормативной глины сезонного оттаивания грунтов
- Консистенция глинистых грунтов:**
тугопластичная
мягкопластичная
- Инженерно-геологическая скважина:**
установившаяся уровень подземных вод, слева абсолютная отметка и дата замера, место отбора проб воды на химанализ
место отбора проб грунта ненарушенной структуры
место отбора проб грунта ненарушенной структуры
глубина залегания подмытых слоев, м
глубина скважины, м

Абрис	[Diagrammatic representation of the cross-section]																										
Номера выработок	с-10	с-1	с-2	с-3	с-3а	с-4	с-5	с-6	с-6а	с-7	с-8	с-8а	с-9	с-10	с-11	с-12	с-13	с-14	с-15	с-16а	с-16	с-17	с-17а	с-18	с-18а	с-19	
Условья	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак	Мак
Отметка оси	101,27	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	101,28	
Расстояние	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Пакет	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Отметка левого профиля	[Values for left profile]																										
Отметка правого профиля	[Values for right profile]																										
Узлы, прямые километры	[Coordinates and distances]																										
Проектируемая глубина грунтовых вод и их агрессивность	[Water level and aggressiveness data]																										
Инженерно-геологические гидрологические	[Engineering and hydrological data]																										
Коррозионная агрессивность грунта	[Corrosion aggressiveness data]																										

1. Система высот Балтийская
2. Изыскания выполнены в ноябре 2010 г.
3. План протрассы М1:2000 см. листы 919-ИИ-3.1, 3.2

Графическое приложение 9				
Обустройство куста скважин №16 с коридором коммуникаций Северо-Харьезинское нефтяное месторождение				
Изм.	Контр.	Лист	Док.	Дата
Геолог	Явданицкая	РП	9	12.10
ВЛ 10кВ "Куст скважин №14-КТПН куст скважин №16 (2 линия)			Лист	1
Продольный профиль ПК0+00.0-ПК16+72.25			РП	9
ООО НИИППД "Недра"			Лист	1
Формат А3x4				