

Разработка и технико-экономическое сопоставление вариантов проектных решений по предотвращению поступления поверхностных и грунтовых вод на территорию Metallургического терминала порта Усть-Луга

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Н.В. Арефьев;
к.т.н., доцент Ю.В. Волкова;
к.т.н., доцент С.Я. Павлов;
магистрант В.А. Олешко,*

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Ключевые слова: мелиорация; водоотведение; открытый канал; щебёночная дрена; площадь водосбора

Металлургический терминал является важной составляющей комплекса порта Усть-Луга, расположенного на восточном берегу Финского залива в районе Югантовского мыса (рис. 1). Metallургический терминал является важным народохозяйственным объектом, поэтому проблема защиты его от затопления поверхностными и грунтовыми водами представляется весьма актуальной. Следует отметить реальность такого затопления, так как территория порта находится у подножия береговой террасы высотой 27-30 метров.

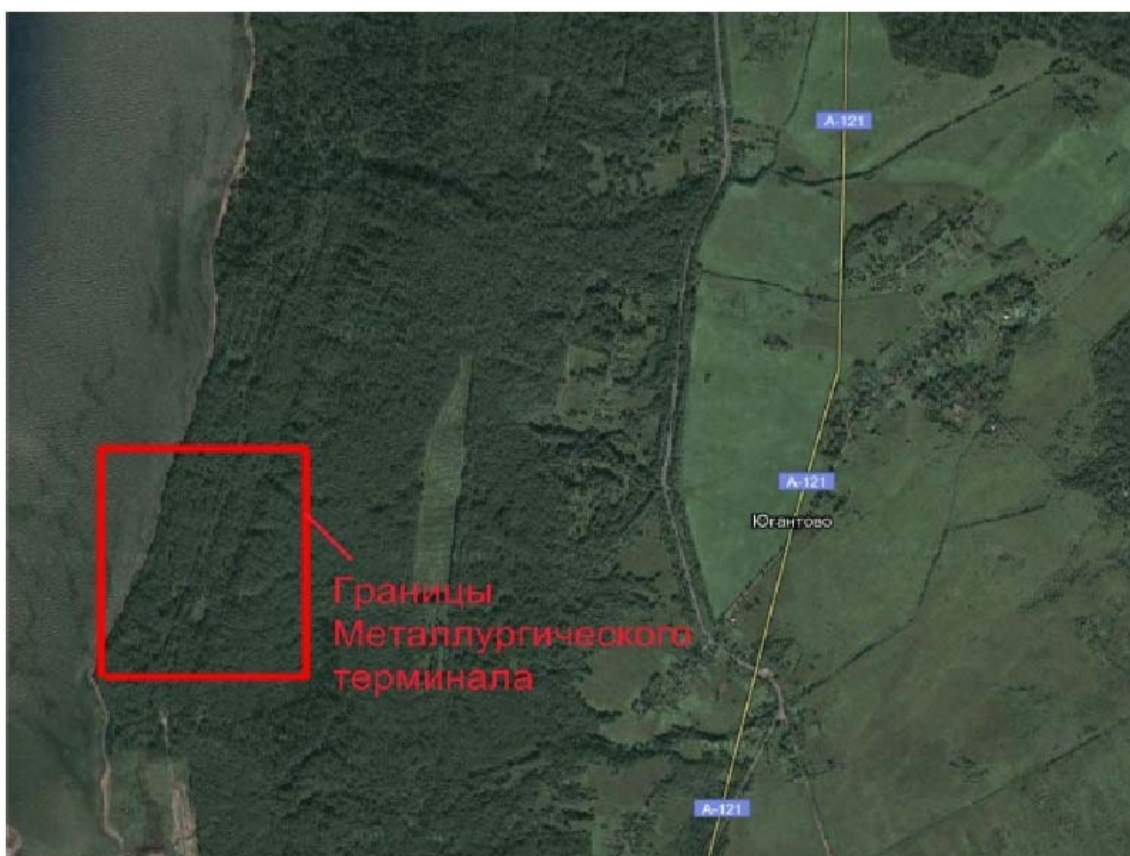


Рисунок 1. Участок строительства Metallургического терминала в порту Усть-Луга

1. Основные исходные данные

В качестве основного материала в распоряжении Авторов были результаты обследования участка Metallургического терминала, проведённого специализированными организациями в 2007-2011-х годах. Главными из этих материалов являлись следующие.

Арефьев Н.В., Волкова Ю.В., Павлов С.Я., Олешко В.А. Разработка и технико-экономическое сопоставление вариантов проектных решений по предотвращению поступления поверхностных и грунтовых вод на территорию Metallургического терминала порта Усть-Луга

1.1. Данные по топографии

1. План части участка Metallургического терминала порта Усть-Луга, выполненный ООО «Петрослав гидросервис» в масштабе 1:500 в 2009 году. Горизонтали плана проведены через 0.5 метра.

Достоинством плана является то, что на нём показан единственный стационарный объект территории, к которому возможна привязка всех остальных объектов – маяк, окружённый оградой (рис. 2).

2. Схема первоочередных сооружений системы отведения стока поверхностных водотоков от территории северного района Морского торгового порта Усть-Луга, масштаб 1:50000, горизонтали проведены через 1 метр.



Рисунок 2. Маяк, окружённый оградой

Схема свидетельствует, что естественная надводная территория Metallургического терминала представляет собой довольно плоскую площадку с преобладающими отметками 2-3 метра. К востоку от территории терминала располагается крутой уступ, ограничивающий террасу с отметками 27-30 метров. Схема предоставлена только в электронном виде.

3. Предварительная схема Генерального плана терминала металлогрузов в порту Усть-Луга, М 1:2000 (дано расположение основных объектов терминала, его границы и топография в пределах терминала).

4. Трасса водосбросного сооружения вдоль южной границы терминала; схема трассы представляет собой фрагмент компоновочной схемы генерального плана Морского торгового порта Усть-Луга

5. «БМТ ГП схема ж/д подходов от ЛГТ 03.06.10» (на схеме даны координаты некоторых точек перелома границы территории терминала).

1.2. Данные по естественным водотокам

Основным источником сведений о водотоках, протекающих по территории порта, является отчёт ООО «УНИКОМ». По данным этого отчёта можно судить о гидрографической сети на данной территории (рис. 3).



Рисунок 3. Гидрографическая сеть в соответствии с отчётом ООО «УНИКОМ»

1.3. Искусственные водные объекты

К искусственным водным объектам рассматриваемой территории относятся каналы, перехватывающие сток естественных водотоков, и каналы, отводящие его в Лужскую губу. Схема расположения существующих и проектируемых водотоков приведена в отчёте ООО «УНИКОМ».

О конструкции каналов можно судить только по плану водоотводящего канала, проходящего по южной границе Metallургического терминала и являющегося продолжением водотока №3. Масштаб чертежа не указан, поэтому о плановых размерах объекта можно судить только ориентировочно.

1.4. Геологическое строение местности

Геологическое строение местности характеризуется данными по двум скважинам, располагающимся в непосредственной близости от Metallургического терминала. Эти данные свидетельствуют о том, что грунты, слагающие территорию Metallургического терминала (суглинки с прослойками песка и с растительными остатками, пылеватые пески), обладают весьма значительной водопроницаемостью и что приток грунтовых вод к терминалу будет значительным. Сведений о положении уровней грунтовых вод нет.

2. Дополнительные материалы

В качестве дополнительных материалов к работе был привлечён фрагмент карты местности, (рис. 4) и аэрофотосъёмка территории Metallургического терминала (рис. 1).

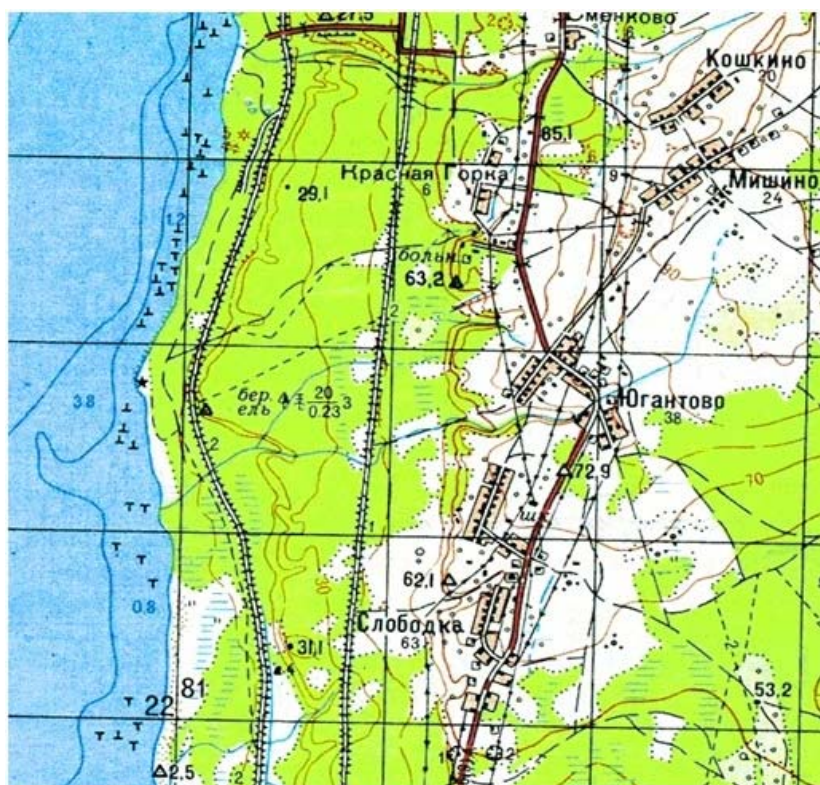


Рисунок 4. Фрагмент карты местности, на которой располагается Metallургический терминал

3. Работы, выполненные в ходе натурного обследования объекта

Для уточнения данных, представленных в отчёте ООО «УНИКОМ», было принято решение провести собственное натурное обследование территории, прилегающей к площадке строительства metallургического терминала. В ходе обследований, проводившихся 20.05.2010 и 29.06.2010, решались следующие задачи:

- уточнение местоположения объектов гидрографической сети и границ терминала, их привязка к маяку;
- обследование территории на юг и на север от участка Metallургического терминала;
- проверка данных о расходе в ручье №3.



Рисунок 5. Взаиморасположение водотока №3 и маяка

3.1. Определение действительного местоположения водотоков

В ходе натурного обследования территории было выявлено, что водоток №3 находится южнее маяка на 126 м (см. рис. 5).

В отчёте ООО «УНИКОМ» водоток №3 показан значительно севернее маяка (см. рис. 6).

Действительное месторасположение ручья указано на рис. 7.

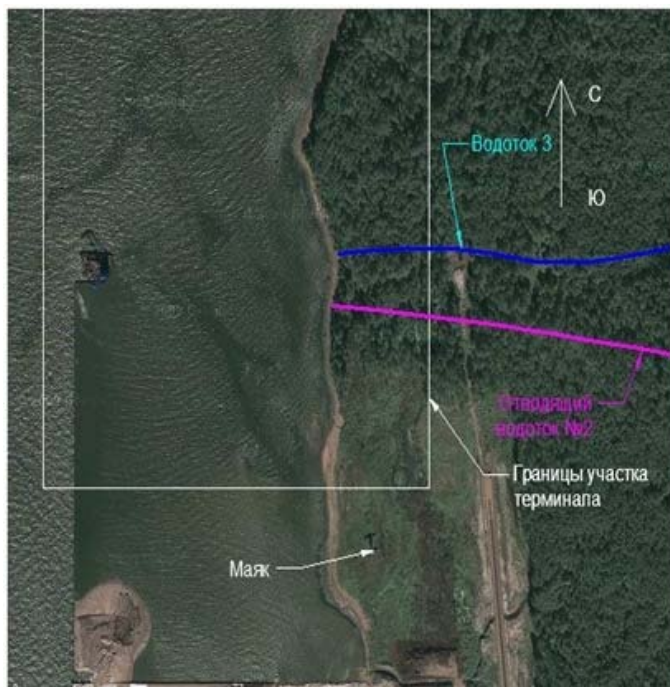


Рисунок 6. Местоположение водотока №3 в соответствии с отчётом ООО «УНИКОМ»



Рисунок 7. Действительное положение водотока №3

3.2. Обследование территории к северу от участка Металлургического терминала.

При обследовании территории к северу от участка Металлургического терминала между водотоками №2 и №3 был обнаружен водоток с расходом на момент наблюдения около 1 л/с, не указанный в отчёте ООО «УНИКОМ». Этот водоток условно назван «Водоток №3-2». Расположение водотока №2 по результатам натурного обследования практически точно совпадает с данными ООО «УНИКОМ».

3.3. Уточнение расхода водотока №3

Для измерения расхода воды в водотоке №3 был выбран створ на относительно прямолинейном участке, находящийся на 50 метров выше по течению от полотна железной дороги. Мёртвое пространство и зона зарастания в створе отсутствовали. Промеры поперечного сечения водотока в створе были проведены мерной рейкой. Измерения скоростей осуществлялись методом поверхностных поплавков, в соответствии с рекомендациями [3,4,5,6]. Результаты измерений и все расчёты фиксировались в Книге записи измерения расхода воды КГ-3. Полученное значение расхода совпадает с данными отчёта ООО «УНИКОМ» в пределах допустимой погрешности.

Арефьев Н.В., Волкова Ю.В., Павлов С.Я., Олешко В.А. Разработка и технико-экономическое сопоставление вариантов проектных решений по предотвращению поступления поверхностных и грунтовых вод на территорию Металлургического терминала порта Усть-Луга

3.4. Возможный учёт результатов натурных исследований в дальнейших разработках

1. Наличие водотока 3-2 может оказаться важным при разработке мероприятий по предотвращению затопления территорий порта, расположенных к северу от Metallургического терминала.
2. В дальнейших разработках положение водотока №3 и, соответственно, отводящего водотока №2 переносятся к югу.
3. Расходы воды, рекомендованные в отчёте ООО «УНИКОМ», принимаются за истинные.

4. Варианты конструкций собирателя, защищающего территорию Metallургического терминала от поверхностных и грунтовых вод

В процессе выполнения работы были разработаны три варианта конструкции собирателя. Все три варианта рассчитывались на значение расхода грунтовых и поверхностных вод, поступающих к территории Metallургического терминала, принимаемого по формуле, рекомендуемой [7]:

$$Q = q \times F,$$

где q – модуль стока, л/с/га, представляющий собой расход, поступающий в собиратель с одного гектара площади водосбора;

F – площадь водосбора, га.

В соответствии с [7], модуль стока для суглинков с прослойками песка может быть принят равным $q=0,6$ л/с/га (данные для Ленинградской области).

Площадь водосбора определяется в соответствии с тем фактом, что отметки территории, окружающей Metallургический терминал, слабо изменяются к северу и к югу по отношению к участку строительства терминала. Исходя из этого принимается, что вода будет поступать в собиратель преимущественно с восточной части, где имеется значительный уклон дневной поверхности по направлению к терминалу. По классификации [8] имеет место склоновый и грунтово-напорный тип водного питания. С учётом этого, площадь водосбора принимается ограниченной проектируемым собирателем с запада и отрезком отводящего водотока №2 с востока, её значение составляет $0,53 \text{ км}^2 = 53 \text{ га}$ (рис. 8).



Рисунок 8. Схема к определению площади водосбора

Тогда расход Q , поступающий к собирателю, будет равен:

$$Q = qF = 0,6 \times 53 = 31,8 \text{ л/с} = 0,032 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для условий порта Усть-Луга наиболее подходящими представляются следующие типы защитных устройств (собирателей):

- 1) открытый канал;
- 2) дрена с перфорированной дренажной трубой;
- 3) щебёночная дрена.

Все собиратели рассчитывались на прохождение расчётного расхода $Q=0,032 \text{ м}^3/\text{с}$ в условиях равномерного режима.

Норма осушения, т.е. расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод (общепринятое обозначение a) на защищаемой территории терминала принимается в соответствии со СНиП 06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» равной $a=1 \text{ м}$ для всех трёх конструкций собирателя.

Арефьев Н.В., Волкова Ю.В., Павлов С.Я., Олешко В.А. Разработка и технико-экономическое сопоставление вариантов проектных решений по предотвращению поступления поверхностных и грунтовых вод на территорию Metallургического терминала порта Усть-Луга

4.1. Определение основных параметров собирателя в виде открытого канала

Данное проектное решение предполагает устройство открытого канала трапецеидального сечения вдоль восточной границы участка Металлургического терминала.

Гидравлический расчёт открытого канала осуществлялся в соответствии с Приложением 16 СНиП 06.03-85.

Для гидравлического расчёта были приняты следующие значения параметров, определяющих конструкцию собирателя.

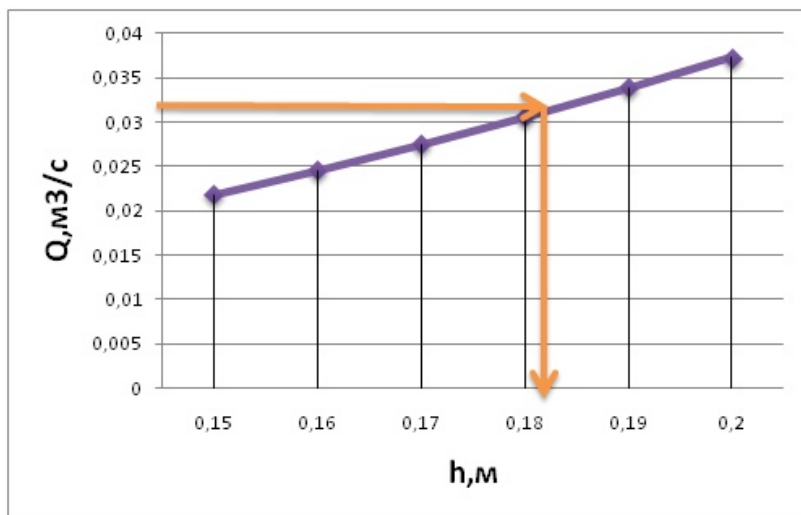


Рисунок 9. График зависимости $f=Q(h)$

1. Коэффициент заложения откосов m . Для суглинков с прослойками песка согласно табл. 6.1 [9], коэффициент заложения откосов $m=1,5$.
2. Коэффициент шероховатости n . Для повышения устойчивости откосов к размыву, а также для обеспечения поступления в собиратель грунтовых вод наиболее рациональным покрытием откосов представляется одерновка. Согласно [9] коэффициент шероховатости n для одернованных каналов принимается равным $n=0,035$.
3. Уклон дна i . Согласно рекомендациям [10] принят равным $i=0,001$.
4. Ширина канала по дну b . $b=0,5$ м – минимальное значение по условиям производства работ.

Согласно алгоритму, рекомендуемому для расчетов мелиоративных каналов, по значениям глубин наполнения h , и соответствующим им расходам Q строится зависимость $f=Q(h)$, по которой для расхода $Q=31,8$ л/с= $0,032$ м³/с находится соответствующая глубина наполнения $h=0,181$ м (рис. 9).

Поперечное сечение открытого канала представлено на рис. 10 (поперечное сечение открытого канала).

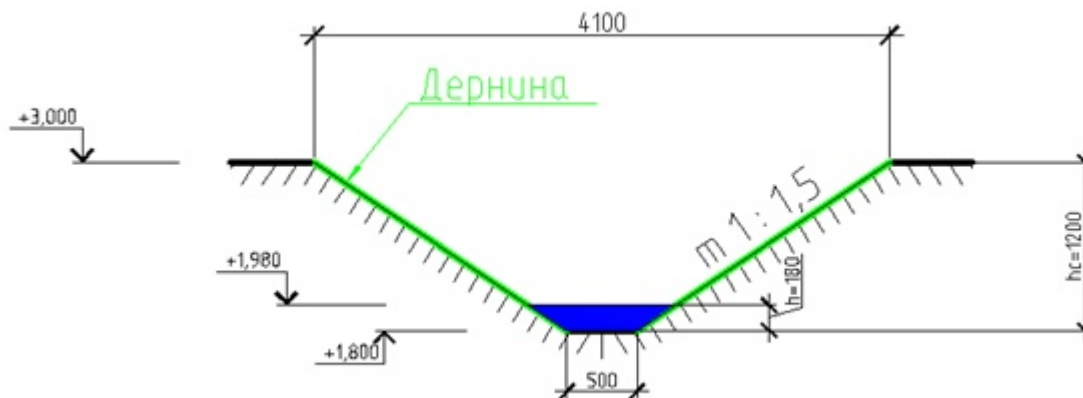


Рисунок 10. Поперечное сечение открытого канала

Наиболее дешёвым и рациональным способом выпуска воды из собирателя в канал-водоприёмник представляется устройство трубы-переезда (рис. 11). Это сооружение включает трубу, сопрягающую осушитель с каналом-водоприёмником (труба железобетонная, диаметр трубы принят конструктивно $d=500$ мм); стальную диафрагму, удлиняющую путь контактной фильтрации и установленную примерно на середине трубы; входной железобетонный оголовок (может быть снабжён сороудерживающей решёткой); объёмный железобетонный выходной оголовок стандартной конструкции и крепление части канала-водоприёмника каменной наброской, предотвращающей размыв русла канала-водоприёмника потоком, поступающим из собирателя.

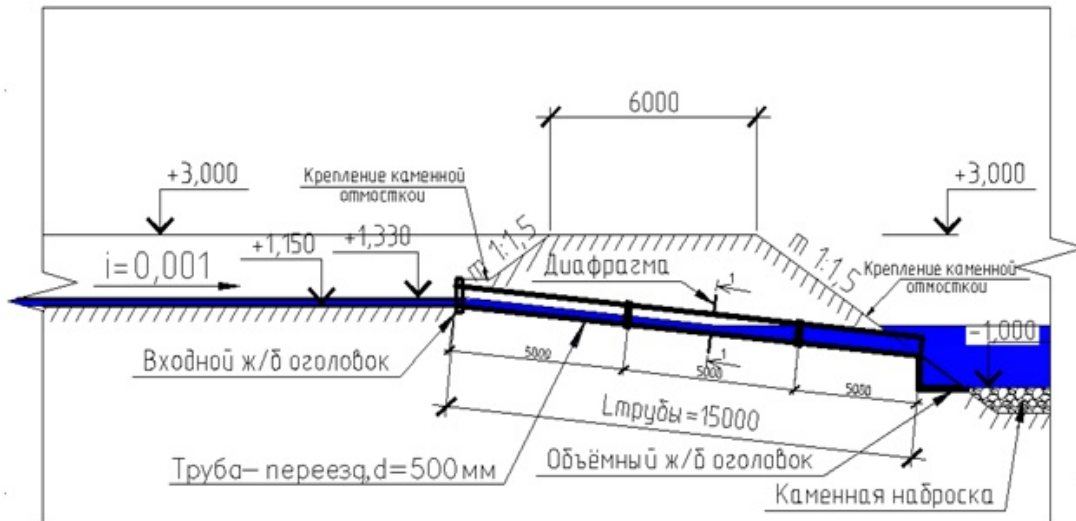


Рисунок 11. Конструктивная схема устройства трубы-переезда

С некоторыми изменениями эта схема пропуска воды из собирателя в канал-водоприёмник применена и в других типах собирателей.

4.2. Собиратель в виде дрены с перфорированной дренажной трубой

Данный тип собирателя представляет собой канал шириной по низу $b=0,5$ м, заложением откосов $m 1:0,5$, заполненный щебнем с проложенной в нём перфорированной трубой. Уклон дна канала принимается равным $i=0,001$.

Канал засыпается щебнем полностью, до поверхности земли осушаемой территории, так как это позволяет перехватить не только дренажный, но и поверхностный сток. Низ трубы не должен находиться ниже глубины промерзания, принимаемой равной 1,2 м для Ленинградской области.

Откосы и дно канала покрываются геотекстилем, предотвращающим поступление в щебёночную призму мелких частиц грунта, слагающего осушаемую территорию.

Гидравлический расчёт трубы осуществляется для условия напорного движения (наиболее гидравлически невыгодный случай) с помощью методики, изложенной в [11].

Диаметр дренажной трубы принимается $d=300$ мм $=0,3$ м. Расход Q , пропускаемый этой трубой в напорном режиме при уклоне $i=0,001$, определяется по формуле:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} 0,5C\sqrt{di},$$

где C – коэффициент Шези, определяющийся по эмпирической формуле Куттера:

$$C = \frac{100}{1 + \frac{2k}{\sqrt{d}}}.$$

Здесь k – особый коэффициент шероховатости, принимаемый равным 0,27;

d – диаметр дренажной трубы, м.

Для принятых условий расход, который может пропустить труба, равен:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} 0,5C\sqrt{di} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} 0,5 \cdot 50 \sqrt{0,3 \cdot 0,001} = 0,031 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Этот расход меньше, чем тот, который поступает на осушаемую территорию в виде поверхностного и грунтового стока, равный $Q=0,032$ м³/с.

По сортаменту широко применяющихся перфорированных труб Перфокор-II наиболее близким к 300 мм диаметром серийно выпускающейся трубы является $d=315$ мм. При таком диаметре труба будет пропускать расход $Q=0,032$ м³/с, то есть тот расход, который поступает извне на территорию Metallургического терминала.

Арефьев Н.В., Волкова Ю.В., Павлов С.Я., Олешко В.А. Разработка и технико-экономическое сопоставление вариантов проектных решений по предотвращению поступления поверхностных и грунтовых вод на территорию Metallургического терминала порта Усть-Луга

Поперечное сечение щебёночной дрены с перфорированной трубой представлено на рис. 12.

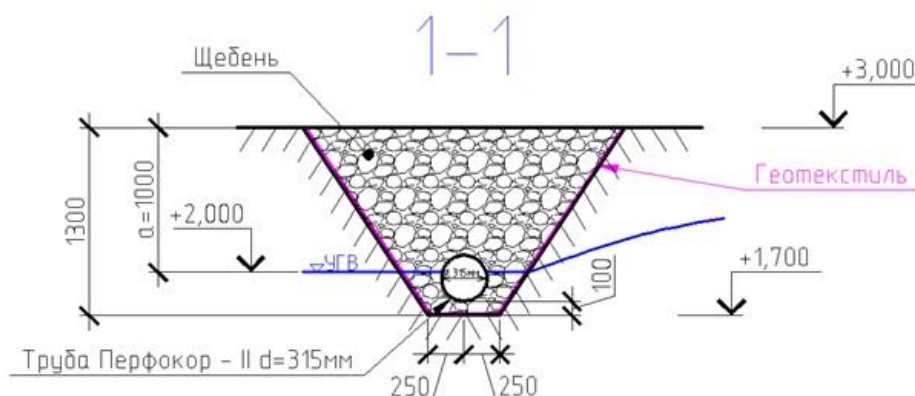


Рисунок 12. Поперечное сечение щебёночной дрены с перфорированной трубой

4.3. Собиратель в виде щебёночной дрены

Конструкция данного вида собирателя представляет собой траншею с максимально крутыми откосами, имеющую продольный уклон $i=0,001$, заполненную щебнем с диаметром частиц 100 мм. Так же как и в предыдущем случае, щебёночная призма отделена от грунта, слагающего территорию терминала, геотекстилем.

Для определения необходимого размера траншеи находится скорость движения воды в собирателе. Расчёт ведётся по отрезкам собирателя при разделении водосборной площади на три участка. Принимая, что поступление воды с водосборной площади в собиратель подчиняется линейному закону, определяются следующие расходы на отрезках (нумерация отрезков идёт вниз по течению):

- $Q_1=0,01\text{ м}^3/\text{с}$
- $Q_2=0,02\text{ м}^3/\text{с}$
- $Q_3=0,032\text{ м}^3/\text{с}$

Для определения скорости движения воды по собирателю, заполненному крупнозернистыми и скальными грунтами, используется зависимость Смрекера [12]:

$$v = kI^{1/m},$$

где k – коэффициент фильтрации грунта;

m – фильтрационная характеристика грунта (для каменной наброски принимается равной 2,0).

Коэффициент фильтрации для щебня с диаметром частиц 100 мм принимается равным 0,23 м/сек. Тогда скорость движения воды по собирателю будет равна:

$$v = 0,23 \cdot 0,001^{1/2} = 0,007\text{ м/с}.$$

Исходя из этого значения скорости и вышеприведенных расходов на участках, определяется необходимая площадь поперечного сечения собирателя:

$$\omega = Q/v.$$

Отсюда площадь поперечного сечения по участкам будет равна:

- $\omega_1=0,01/0,007=1,4\text{ м}^2$
- $\omega_2=0,02/0,007=2,8\text{ м}^2$
- $\omega_3=0,032/0,007=4,6\text{ м}^2$

Исходя из необходимой площади живого сечения, допуская, что на каждом отрезке поток воды идёт через всю площадь поперечного сечения щебёночной призмы, расположенную ниже нормы осушения $a=1\text{ м}$, принимаются следующие размеры поперечного сечения собирателя:

- отрезок 1: $b=2,00\text{ м}$; $h=1,70\text{ м}$;
- отрезок 2: $b=2,70\text{ м}$; $h=2,03\text{ м}$;
- отрезок 3: $b=3,40\text{ м}$; $h=2,35\text{ м}$.

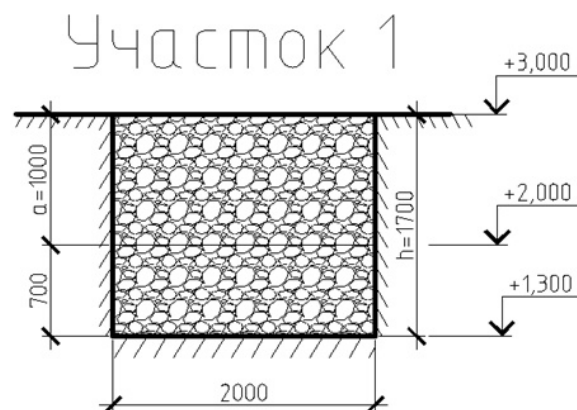


Рисунок 13. Поперечное сечение щебёночной призмы на отрезке 1

Поперечное сечение щебёночной призмы на участке 1 приведено на рис. 13.

5. Приблизительная технико-экономическая оценка вариантов собирателей

Ориентируясь на расценки на земляные работы, принятые в большинстве фирм, ведущих работы в Ленинградской области, осреднённые цены на строительные материалы (щебень, бетонные и перфорированные пластиковые трубы, камень для отмостки и т.д.) можно приблизительно оценить стоимости сооружения каждого типа собирателей.

- Открытый канал с одернованными откосами. 557 500 руб.
- Собиратель с установкой дренажной трубы. 1 583 850 руб.
- Собиратель в виде траншеи, засыпанной щебнем. 3 233 450 руб.

Выводы

1. Вариант собирателя в виде открытого канала представляется оптимальным с точки зрения низкой стоимости, высокой функциональности и простоты выполнения работ по сооружению. Недостатком является большая площадь, отчуждаемая от территории терминала (ок. 3300м²), необходимость устраивать мосты для автомобильных и железных дорог и тщательно ухаживать за дерновым покрытием.
2. Вариант в виде закрытого собирателя с перфорированной дренажной трубой более дорогой по сравнению с открытым каналом, но его конструкция весьма надёжна и дешёва в эксплуатации, практически не представляет сложностей при пересечении с транспортными коммуникациями. Однако в местах этих пересечений перфорированную трубу следует помещать в ж/б или стальную трубу с большим диаметром для защиты от механических воздействий тяжёлого транспорта.
3. Вариант устройства щебёночной дрены самый дорогой. Однако его достоинством является практически полное отсутствие необходимости в дополнительных строительных конструкциях при пересечении с транспортными коммуникациями.

По мнению авторов, предпочтительным является вариант в виде закрытого собирателя с перфорированной дренажной трубой, засыпанной щебнем. Несмотря на относительно высокую стоимость, его надёжность, компактность, возможность прокладывать через него автомобильные и железные дороги делают его наиболее приемлемым для условий портового терминала.

Литература

1. Александров Л. Н. Гидрометрия для гидротехнических специальностей. Л. : издательство ЛПИ, 1980. 83 с.
2. Гиргидов А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика). СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 545 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 2, ч. II: Гидрологические наблюдения на постах. Л. : Гидрометеиздат, 1975. 264 с.
4. Herschy R. W. Hydrometry. Principles and Practices. Chichester : John Wiley and Sons, 1978. 376 p.
5. Guide to Hydrological Practices / World Meteorological Organization. Publication No. 16. Geneva, 1974. 730 p.
6. Kuusisto E. Hydrological measurements. [Электронный ресурс] Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmchap12.pdf.
7. Гулюк Г. Г., Черняк М. Б., Штыков В. И., Янко Ю. Г. Руководство по мелиорации полей. СПб. : изд-во Политехн. ун-та, 2007. 238 с.
8. Маслов Б. С., Минаев А. В., Губер К. В. Справочник по мелиорации. М. : Росагропромиздат, 1989. 384 с.
9. Волкова Ю. В., Криулин К. Н., Полетаев Ю. Б. Мелиорация земель. Осушение земель. Проектирование и расчёт осушительных систем. СПб : изд-во Политехн. ун-та, 2005. 87 с.
10. Волкова Ю. В., Криулин К. Н., Полетаев Ю. Б. Мелиорация земель. Осушительные мелиорации. СПб. : изд-во Политехн. ун-та, 2009. 186 с.
11. Чугаев Р. Р. Гидравлика. Л. : Энергия, 1970. 672 с.
12. Аравин В. И., Нумеров С. Н. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. М. : Стройиздат, 1948. 226 с.

* Николай Викторович Арефьев, Санкт-Петербург, Россия
Тел. раб.: +7(812)535-46-10; эл. почта: arefiev@cef.spbstu.ru

Арефьев Н.В., Волкова Ю.В., Павлов С.Я., Олешко В.А. Разработка и технико-экономическое сопоставление вариантов проектных решений по предотвращению поступления поверхностных и грунтовых вод на территорию Металлургического терминала порта Усть-Луга

doi: 10.5862/MCE.23.3

Development and technical and economic comparison of design decisions for prevention the entry of the superficial and ground waters to the territory of the Metallurgical terminal of port Ust-Luga

N.V. Arefyev;
Yu.V. Volkova;
S.Ya. Pavlov;
V.A. Oleshko,

Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia,
+7(812)535-46-10; e-mail: arefyev@cef.spbstu.ru

Key words

melioration; water removal; open channel; broken stone absorbing well; drainage area

Abstract

The problem of the paper is drawing up of the project on protection the territory of the Metallurgical terminal of port Ust'-Luga from flooding by the superficial and ground waters. At first, authors gather and analyze materials about topographic, geological and hydrographic situation on above-stated territory and after that made their own territory research.

As a result, to protect Metallurgical terminal from flooding by the superficial and ground waters, it was offered three variants of collectors:

1. Open channel
2. Broken stone absorbing well with punched pipe
3. Broken stone absorbing well

Authors calculate parameters of collectors and compare them. The most suitable collector for port conditions is broken stone absorbing well with punched pipe because of this reliability and compactness.

References

1. Aleksandrov L. N. *Gidrometriya dlya gidrotekhnicheskikh spetsialnostey* [Hydrometry for hydroengineers]. Leningrad : izdatelstvo LPI, 1980. 83 p. (rus)
2. Girgidov A. D. *Mekhanika zhidkosti i gaza (gidravlika)* [Fluid mechanics (hydraulics)]. Saint-Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, 2007. 545 p. (rus)
3. *Nastavlenie gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam. Vypusk 2, ch. II: Gidrologicheskie nablyudeniya na postakh* [Directions for hydrometeorological stations and posts. Issue 2, part 2: Hydrological observations at the posts]. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1975. 264 p. (rus)
4. Herschy R. W. *Hydrometry. Principles and Practices*. Chichester : John Wiley and Sons, 1978. 376 p.
5. *Guide to Hydrological Practices* / World Meteorological Organization. Publication No. 16. Geneva, 1974. 730 p.
6. Kuusisto E. *Hydrological measurements*. URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmchap12.pdf.
7. Gulyuk G. G., Chernyak M. B., Shtykov V. I., Yanko Yu. G. *Rukovodstvo po melioratsii poley* [Fields melioration manual]. Saint-Petersburg : izd-vo Politekhn. un-ta, 2007. 238 p. (rus)
8. Maslov B. S., Minaev A. V., Guber K. V. *Spravochnik po melioratsii* [Melioration directory]. Moscow : Rosagropromizdat, 1989. 384 p. (rus)
9. Volkova Yu.V., Kriulin K.N., Poletaev Yu.B.. *Melioratsiya zemel. Osusheniye zemel. Proektirovanie i raschet osushitel'nyh sistem* [Land melioration. Land drainage. Drainage systems projection and calculating]. Saint-Petersburg: Polytechnic university publishing house, 2005. 87 p.(rus)
10. Volkova Yu.V., Kriulin K.N., Poletaev Yu.B.. *Melioratsiya zemel. Osushitelnye melioratsii* [Land melioration. Drainage meliorations], Saint-Petersburg: Polytechnic university publishing house, 2009. 186 p. (rus)
11. Chugaev R.R. *Gidravlika* [Hydraulics]. Leningrad, Energiya, 1970. 672 p. (rus)
12. Aravin V.I., Numerov S.N. *Filtratsionnye raschety gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Filtrational calculations of hydraulic engineering constructions]. Moscow: Stroyizdat, 1948. 226 p. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 16-24

Arefyev N.V., Volkova Yu.V., Pavlov S.Ya., Oleshko V.A. Development and technical and economic comparison of design decisions for prevention the entry of the superficial and ground waters to the territory of the Metallurgical terminal of port Ust-Luga