

Областной конкурс водных проектов старшеклассников – 2019

Подтопление ГТО Арены МБОУ СОШ "Школы будущего": анализ и способы решения

Автор: Мицких Александр Дмитриевич,
ученик 11 класса

Научные руководители:
Талецкая Татьяна Александровна, тьютор;
Голубицкий Алексей Викторович,
директор, МБОУ СОШ «Школа будущего»

Калининградская область,
2019 год

Аннотация

Аномальные проявления глобальных изменений климата в Северной Атлантике проявляются, в том числе в увеличении количества циклонов, сопровождающихся экстремальной интенсивностью осадков, среднегодовое количество осадков возрастает на 4 мм каждое десятилетие в течение последних 60 лет¹. Подобные климатические сдвиги находят локальное проявление на суше. На пришкольной территории в последние 10 лет наблюдается подтопление единственной в поселке спортивной площадки, что в отдельные дни не позволяет заниматься ученикам и местным жителям. Уменьшение дней со снежным покровом снижает возможность заниматься зимними видами спорта. **Цель:** выявить причины подтопления участка «ГТО арены» МБОУ СОШ «Школы Будущего» и предложить проектные решения по отводу и использованию воды.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- 1). Проверить по литературным данным утверждение об увеличении количества осадков на территории Калининградской области; 2). Выяснить особенности рельефа участке «ГТО Арены» МБОУ СОШ «Школы Будущего» 3). Исследовать особенности почвы на участке «ГТО Арены» 4). Изучить виды дренирования местности и подобрать наиболее подходящие способы для территории «ГТО Арены». 5). Провести оценку эффективности возможных проектов дренирования территории 6). Составить смету расходов для реализации проекта.

При проведении исследования было установлено, что влияние отмеченных Наумовым В.А. повышения общего количества атмосферных осадков и частоты случаев аномальных ливней на пришкольной территории усиливается тяжелыми почвами (относятся к тяжёлому суглинку, водостойкие), понижениями рельефа и недостаточно эффективной дренажной системой. Был разработан проект локального дренирования территории, сбора воды (без разрушения имеющегося комплекса спортивных дорожек) и её использования летом для полива школьного газона и цветника, а зимой для производства искусственного снега и формирования лыжни, избыток воды в течение всего года направляется в пожарную емкость. Таким образом, данный проект позволит не только решить локальное проявление (в виде подтопления территории) глобального изменения климата, но повысить качество жизни учеников и местных жителей.

¹ КЛИМАТ РАЗБОЛТАЛСЯ: Региональные явления глобального изменения климата в Калининградской области. Калининград: Экозашита, 2018. 32 с

Введение

Аномальные проявления глобальных изменений климата в Северной Атлантике проявляются в том числе в увеличении количества циклонов, сопровождающихся экстремальной интенсивностью осадков, увеличением среднегодового количества осадков. Подобные климатические сдвиги находят локальное проявление на суше особенно в тех места, где избыточное выпадение осадков сочетается с тяжелыми почвами, понижениями рельефа и нарушением дренажной системы. Поиск решения возникающих проблем появления зон подтопления там, где они раньше не наблюдались, позволяет выработать типовые или уникальные проектные решения.

Подтопление территорий - это актуальная проблема для всех жителей Калининградской области, ведь её характерной особенностью является наличие 98 тысяч гектаров польдерных земель. На территории МБОУ СОШ «Школы Будущего», мы также часто сталкиваемся с проблемой подтопление территории. На нашей «ГТО Арене» (спортивного комплекса на пришкольной территории для проведения занятий физкультурой) после дождей постоянно наблюдаются обширные участки с долго стоящей водой, поэтому было решено проанализировать территорию школьного стадиона и предложить проектные решения по отводу воды и использованию избыточного увлажнения.

Гипотезы:

- В связи с глобальным изменением климата возросло количество атмосферных осадков на территории Калининградской области.
- Локальные особенности пришкольной территории (рельеф участка, плохая водопроницаемость почвы, отсутствии эффективной системы дренажа) приводит к скоплению атмосферной воды и подтоплению спортивного комплекса.

Цель: выявить причины подтопления участка «ГТО арены» МБОУ СОШ «Школы Будущего» и предложить проектные решения по отводу и использованию воды.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Проверить по литературным данным утверждение об увеличении количества осадков на территории Калининградской области.
2. Выяснить особенности рельефа участке «ГТО Арене» МБОУ СОШ «Школы Будущего»
3. Исследовать особенности почвы на участке «ГТО Арены»

4. Изучить виды дренирования местности и подобрать наиболее подходящие способы для территории «ГТО Арены».
5. Провести оценку эффективности возможных проектов дренирования территории
6. Составить смету расходов для реализации проекта.

Глава 1. Обзор литературы

Аномальные проявления глобальных изменений климата в Северной Атлантике проявляются в том числе в увеличении количества циклонов, сопровождающихся экстремальной интенсивностью осадков, среднегодовое количество осадков возрастает на 4 мм каждые 10 лет в течение последних 60 лет². Подобные климатические сдвиги находят локальное проявление на суше особенно в тех места, где избыточное выпадение осадков сочетается с тяжелыми почвами, понижениями рельефа и нарушением дренажной системы. Поиск решения возникающих проблем появления зон подтопления там, где они раньше не наблюдались, позволяет выработать типовые или уникальные проектные решения. Скорость роста осадков особенно увеличилась в июле, каждые 10 лет уровень июльских осадков возрастает на 12,53 мм, в последние 10 лет ежегодно случаются аномальные ливни, когда за один-два дня выпадает месячная норма осадков: август 2009, июль 2011, сентябрь 2013, июнь 2015, октябрь и ноябрь 2017, май, июль и октябрь 2018³.

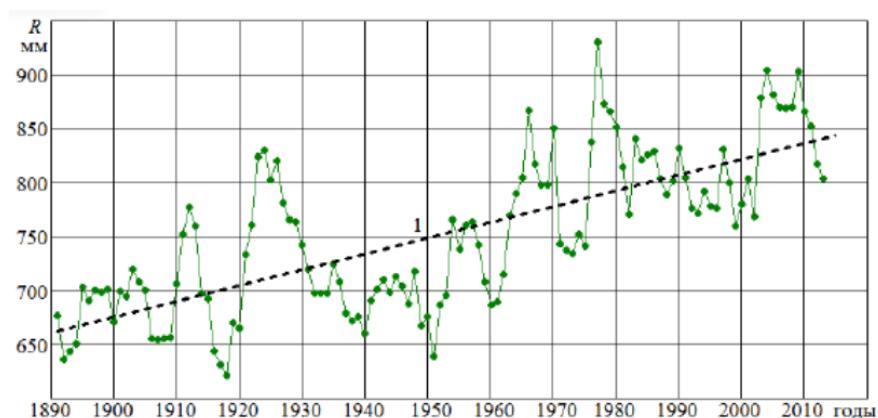


Рис. 1 Годовые суммы атмосферных осадков Кенигсберге-Калининграде по скользящим пятилеткам; 1- линейный тренд (Наумов В.А.⁴).

² КЛИМАТ РАЗБОЛТАЛСЯ: Региональные явления глобального изменения климата в Калининградской области. Калининград: Экозащита, 2018. 32 с

³ Там же

⁴ Наумов В.А. Результаты статистического анализа региональных гидрологических и климатических рядов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016.

На рис. 1 представлен график годовых суммы осадков в Кенигсберге-Калининграде. Линейный тренд показывает возрастание годовых сумм осадков за период наблюдений на 178 мм. Наибольшая сумма осадков 1189 мм была зафиксирована в 2007 году, 1004 – в 2012 году. Средняя годовая сумма осадков за весь период наблюдений - 752 мм.⁵

Подтопление территории - это актуальная проблема для всех жителей Калининградской области, ведь её характерной особенностью является наличие 98 тысяч гектаров польдерных земель. Это около 70% от общероссийского показателя. Всего в зоне возможного затопления находится 90 населённых пунктов, в которых проживают 80 тысяч человек. Калининградский климат за последние годы меняется, из архивов видно, что среднегодовое количество осадков неуклонно растёт. На данный момент оно составляет примерно 815 мм⁶.

На пришкольной территории «Школы будущего» достаточно много мест с не просыхающими участками. Поэтому появилась идея дренирования территории школьного участка ГТО арены. Подходящий дренаж сможет не только осушить территорию, но и позволит использовать собранную воду для нужд школы. Не дренированный газон спортивной площадки в сырую погоду проявляет свои отрицательные качества. Такой участок сокращает число дней благоприятных для проведения спортивных игр или соревнований. Дренажи делятся по различным признакам и основные из них это: по целевой направленности, по принципу действия, по строению и по материалам из которых он изготовлен⁷. Для определения типа дренажа необходимо провести изучение рельефа, почвы и других условий.

Глава 2. Методики исследования

• Исследование особенностей рельефа участка.

Картографический метод. Структурированное наблюдение.

• Предварительное знакомство с физическими свойствами почвы⁸.

Полевой метод определения влажности. Определение структуры почвы и скорости всасывания. Определение водопрочности структурных агрегатов. Определение плотности почвы.

⁵ Наумов В.А. Результаты статистического анализа региональных гидрологических и климатических рядов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016.

⁶ Климат Калининграда // Погода и Климат URL: <https://is.gd/vLg1P6> (дата обращения: 25.12.18)

⁷ Теодоронский В.С. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры : учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В. С. Теодоронский, Е. Д. Сабо, В. А. Фролова; под ред. В. С. Теодоронского.- 3-е изд., стер.- М.: Издательский центр, 2008. - 352 с.

⁸ Евсеева И. И., Орлова А. Н., Сударкина А. А. Химия в сельском хозяйстве//М. Просвещение 1973г. 144с.

- **Выбор мест взятия образцов.** Пробы почвы были сделаны на участке ГТО Аrenы МБОУ СОШ «Школы будущего» в порядке представленном на рисунке 2. Такое расположение обусловлено тем, что все пробы находятся на проблемном участке, однако: номера 1 и 2 в особо подтопляемой зоне; номер 3 в умерено подтопляемой зоне; а номер 4 не в подтопляемой зоне.



Рис. 2 Расположение проб.

- **Агрохимический анализ почвы⁹.**

1. Определение гранулометрического состава почвы. Мокрый метод.
2. Определение общей влажности почвы.

- **Выбор дренажа.**

Оценка эффективности возможных мероприятий по решению проблемы подтопления на основе сопоставления технико-экономических показателей.

Результаты исследования. Физические свойства почвы.

Влажность почвы. Во время полевых исследований было определено, что все четыре образца относятся к слегка увлажненной почве. Они холодят руку, не пылят и при подсыхании немного светлеют.

Структура почвы. По собранным данным (Рис.3) можно сказать, что структурные отдельности относятся в основном к кубовидному типу.



Рис. 3 Основные структурные отдельности образцов.

Водопрочность структурных агрегатов. По анализам можно сказать, что первый и третий образцы достаточно водопрочные: взбалтывание не разрушило структурные отдельности, только после перемешивания они разрушились. А второй и четвёртый образцы очень водопрочны: ни взбалтывание, ни перемешивание не разрушило их структурные агрегаты до конца, только после приложенного к ним усилия, они разрушились.

Плотность почвы. Почва на участке ГТО арены МБОУ СОШ «Школа будущего» является среднеуплотненной. Лопата или нож при большом усилии входит на глубину 2-3 см, и почва с трудом разламывается руками.

⁹ Там же.

Почвенный горизонт. Из рисунка №4 можно сделать вывод, что на участке площадки для поведения спортивных мероприятий плохо выражен гумусовый горизонт. За органогенным почти сразу идёт элювиальный.

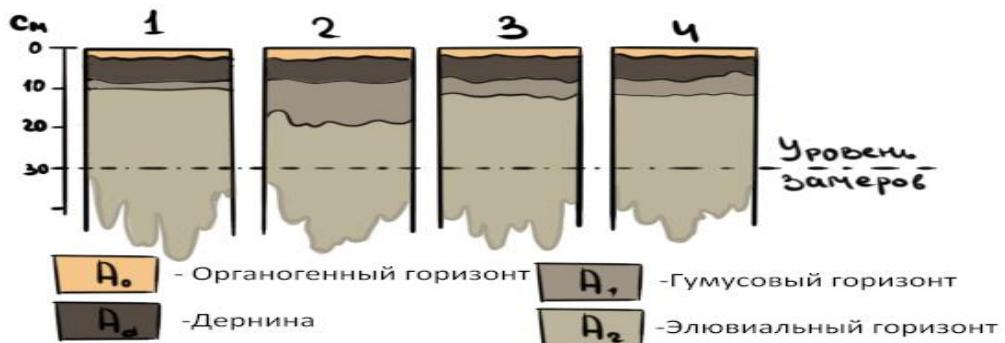


Рис. 4 Почвенный горизонт образцов.

Скорость поглощения воды почвой.

$$\mathcal{V} = \frac{V_{\text{в}}(h)}{S_{\text{в}} \cdot T} = \frac{\frac{\pi r^2 h}{0,001}}{(\pi r^2 + 2\pi r h) \cdot T} = \frac{rh}{(r+2h)T} \cdot 10^{-3} \left(\frac{L}{m^2 \cdot \text{день}} \right)$$

$$r = 0,12 \text{ м} \\ h = 0,3 \text{ м} \Rightarrow \mathcal{V} = 10 \frac{L}{m^2 \cdot \text{день}} \\ T = 5 \text{ дней}$$

Рис. 5 Расчёт скорости поглощения воды почвой

Из расчётов (рис. 5) видно, что один квадратный метр почвы поглощает 10 литров воды в сутки.

Результаты исследования. Агрохимические свойства почвы.

Гранулометрический состав.



Рис. 6 Результаты гранулометрического анализа.

Все четыре образца (рис. 6) во влажном состоянии очень пластичные и хорошо мажутся, из них получается кольцо без трещин. Также в сухом состоянии у них твёрдые и плотные агрегаты- с трудом раздавливаются между пальцами, а на растирание порошок тонкий - шероховатостей почти нет. Поэтому с уверенностью можно сказать, что образцы имеют тяжёлосуглинистый гранулометрический состав.

Общая влажность почвы.

Табл. 1 Результаты общей влажности образцов.

Номер пробы	Номер стакана	Масса (в г)					Влажность (в %) к массе абсолютно сухой навески
		Стакана с почвой до высушивания	Стакана с почвой после высушивания	Пустого стакана	Испарившейся воды	Абсолютно сухой навески	
1	1	11.76	11.05	5.13	0.71	6.5	10.9%
2	2	13.55	10.75	5.15	2.8	5.4	51.9%
3	3	13.63	10.73	5.13	2.9	5.6	51.7%
4	4	12.5	11.4	5.1	1.1	6.3	17.5%

Вывод: На момент взятия проб (24.07.18) в двух участках (№2, №3) почва имеет влажность примерно 51% и в других двух участках (№1, №4) влажность 10% и 17% соответственно.

Наблюдение и проблемные места. На основе наблюдений за территорией школы в различных погодных условиях, были выявлены основные проблемные участки. План местности с указанными подтапливаемыми территориями представлен на рисунке 7.



Рис. 7 План подтапливаемой территории.

Как можно понять из рисунка 7, основная проблема заключается в участке «ГТО Арены», обозначенного синим цветом. Именно там скапливаются лужи даже после незначительного дождя (Рис. 8, 9). Из-за того, что строители о дренаже не подумали заранее, сейчас этот участок является тяжело дренируемым. Вся инфраструктура построена, а поэтому нужно достичь такого решения, при котором разрушения будут минимальны.



Рис. 8 «ГТО Аrena» после дождя общим планом.



Рис. 9 «ГТО Аrena» после дождя крупным планом.

Особенности рельефа. Топография участка.

Сравнивая старые немецкие карты 1938 года(рис. 10) и современные, можно заметить, что раньше по данному участку проходил дренажный ручей. В настоящее время территория по руслу ручья застроена индивидуальными домами и дренаж нарушен. Несмотря на это в 50-90-е годы на данном участке не отмечалось подтопления, которое стало появляться в последние 10 лет после выпадения интенсивных осадков в виде ливня.

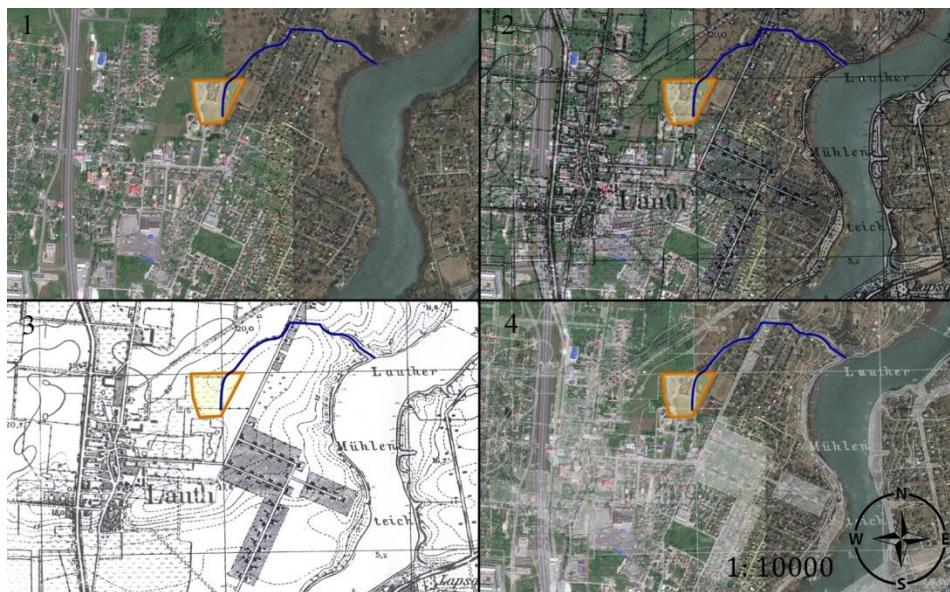


Рис. 10 Карты с наложенным участком школы и ручьём.

1- современная карта, 2- современная карта(2018г) + немецкая(1938.), 3- немецкая карты(1938 г, 4- нынешняя карта+ немецкая(бел.).

Анализируя данные топографической съёмки (Рис. 11), предоставленной школой, можно прийти к выводу, что на участке «ГТО Арены» имеются две основные низины

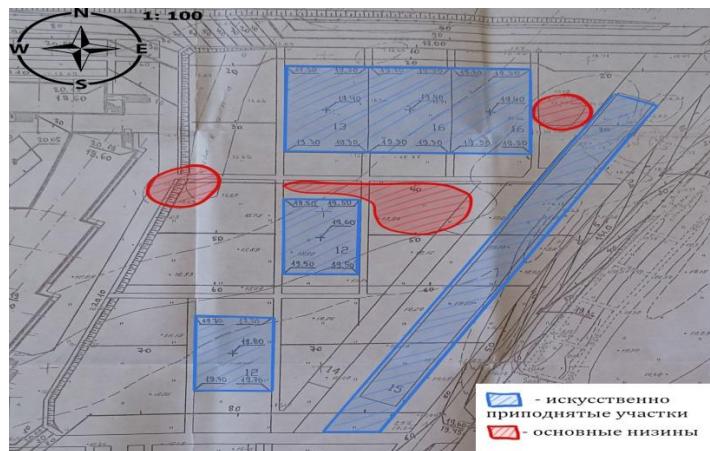


Рис. 11 Топографическая съёмка с обозначенными низинами.

(выделены красным и обозначен уклон к ним). Низины - это потенциальные места для установки дренажных колодцев, а направление к ним - направление дрен.

Проектные решения.



Рис. 12 Решение №1 –дренажный колодец.

Решение №1 (Рис. 12). Самое очевидное решение проблемы - это поставить дренажный колодец в центре кольца для бега на длинные дистанции.

Безусловно, такой вариант дренажа прост в исполнении, и таким образом можно избежать разрушения инфраструктуры. Однако у этого способа много недостатков, и самый очевидный - безопасность. В данном месте находится площадка для прыжков в длину. А также последний минус заключается в том, что из анализа почвы известно насколько она прочная, а поэтому есть вероятность, что одного колодца может не хватить.

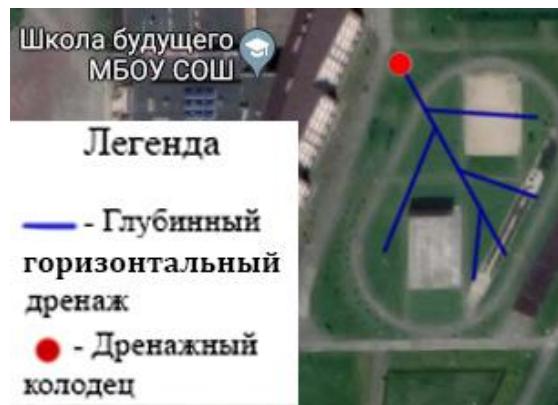


Рис. 13 Решение №2- глубинный горизонтальный дренаж ветвистого расположения.

Решение №2 (Рис. 13). Глубинно-горизонтальны дренаж. Очень популярный способ дренирования. Такой метод был бы самым правильным решением дренажа, если бы строительство только начиналось. Глубинно-горизонтальный дренаж расположенный ветками хорошо подходит для любого участка, но в нашем случае придётся разрушать множество инфраструктуры, чтобы заложить его.

Решение №3 (Рис. 14). Также можно сделать систему поверхностных дренажей внутри кольца для бега на длинные дистанции.



Рис. 14 Решение №3- поверхностный дренаж.

Однако такую модель будет тяжело реализовать: придётся разобрать большое количество дорожек, а также некоторые стороны придётся класть под углом к уклону. Этот тип дренажа эффективен, но не удобен установке на нашей территории.

Решение №4 (Рис. 15). глубинный горизонтальный дренаж радиального расположения. Этот вариант похож на №2(Рис. 13), он также хорошо справится со своей функцией, но его превосходство в том, что этот тип приспособлен именно под наш участок. Так мы минимизируем разрушение и возьмём плюсы второго варианта.



Рис. 15 Решение №4 – глубинный горизонтальный дренаж радиального расположения.

Для того чтобы определиться составим таблицу плюсов и минусов каждого варианта (Табл. 2). Нам важно, чтобы *дренаж был эффективен, прост в установке и потребовал минимум разрушений*.

Табл. 2 Плюсы и минусы способов решений.

№	Эффективность	Незаметность	Установка	Мин. разрушений	Низкий уровень затрат
1	-	-	+	+	+
2	+	+	-	-	-
3	+	+	-	-	-
4	+	+	+	+	-

Из таблицы видно, что четвёртый вариант решения (глубинно-горизонтальный дренаж радиального расположения) набирает больше всего плюсов, поэтому его и возьмём за основу.

Вблизи планируемого места установки нет фундамента, поэтому глубину залегания будет рассчитываться, основываясь на глубине промерзания почвы. Глубина промерзания грунта согласно СНиП и СП для тяжёлого суглинка на территории Калининграда равно 0,5 метра. Основываясь на этом, составим чертеж узла дренажа в разрезе (Рис.16).

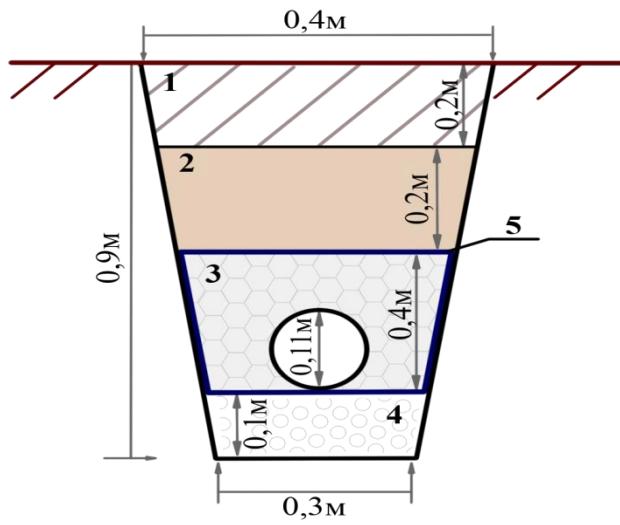


Рис. 16 Чертеж узла дренажа в разрезе.

1- грунт, 2- песок, 3- гравий, 4- песчано-гравийная подготовка, 5- геотекстиль.

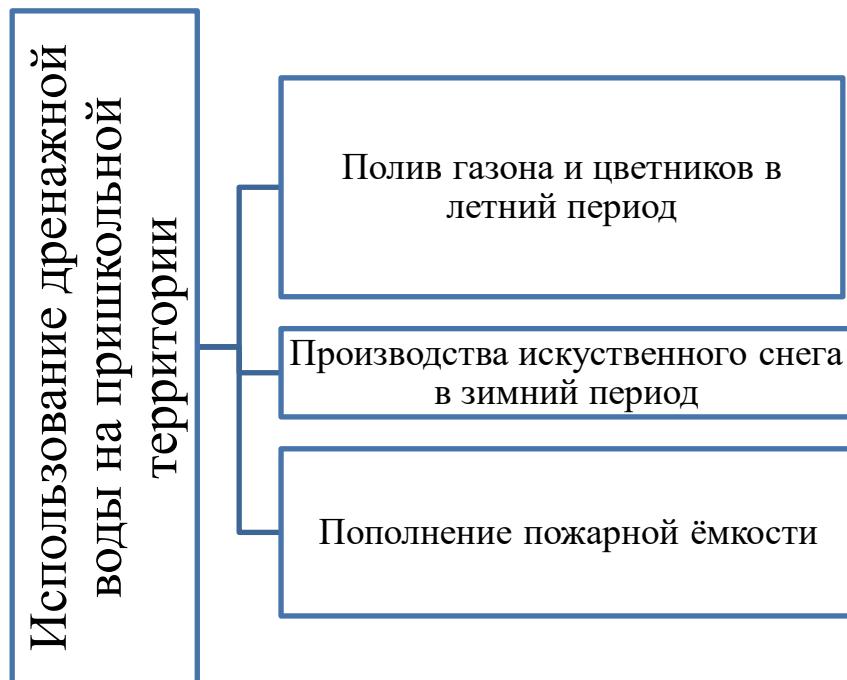
Смета.

Взяв в расчёт выше проанализированные данные, требуемые материалы и затраты на раскопку колодца, составили примерную смету (Табл.3):

Таблица 3 .Смета.

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Расценка за единицу; руб	Стоимость работы; руб
1	Геотекстиль; рулон 1.5x25	рулон	3	1 500	4500
2	Песок; крупная фракция	тонна	3	300	900
3	Труба дренажная; диаметр 110 мм	метр	75	80	6000
4	Гравий +Доставка	тонна	5	380	1900
5	ЖБ кольца; высота- 0.8 м, внутренний диаметр- 1 м. +Раскопка и установка	штука	10	1500	15000
6	Полимерный люк	штука	1	1500	1500
7	Устройство глубинного дренажа (глубина 1м)	м. п.	75	990	74250
8	Манжета для врезки по месту; диаметр 110 мм	штука	3	490	1470
				Итого:	105520

Предложение по использованию воды, собранной в колодец дренажной системой



Выводы

1. На основании опубликованных данных калининградских исследователей (Наумов В.А., Баринова Г.М.) в результате глобальных климатических изменений наблюдается увеличение общего среднегодового количества осадков и часты аномальных ливней.
2. На участке находятся две понижения рельефа, которые способствуют скапливанию воды в данной местности.
3. Анализ почвы показал что, по гранулометрическому составу грунт относится к тяжёлому суглинку, почва твёрдая и водостойкая, а за органогенным горизонтом сразу идёт элювиальный. В сумме все эти признаки способствуют низкой водопроницаемости почвы.

4. Наиболее оптимальным является глубинный горизонтальный дренаж радиального строения с накопительным колодцем. Исходя из сметы, для реализации предложенного плана дренирования потребуется около 105 тысячи рублей.
5. Разработанный проект локального дренирования территории, позволит сбирать воду (без разрушения имеющегося комплекса спортивных дорожек) и использовать её летом для полива школьного газона и цветника, а зимой для производства искусственного снега и формирования лыжни, избыток воды в течение всего года направляется в пожарную емкость.

Список литературы

1. Воронин А. А., Пономаренко Ю. В. Применение лучевых дренажей для осушения неоднородных в разрезе толщ горных пород // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2013. №24 (167). С.162-168
2. Доставайте вёсла: в Калининграде затопило отремонтированные улицы // Новый калининград URL: <https://is.gd/1HtK93> (дата обращения: 25.12.18)
3. Доусон Р.Б. Создание и содержание газона / Пер. с англ. М.: Изд-во МЖКХ РСФСР, 1957. - 220 с. 54.
4. Евсеева И. И., Орлова А. Н., Сударкина А. А. Химия в сельском хозяйстве./М. Просвещение 1973г. 144с.
5. И.А. Самофаловой, к-тс-х наук, ст. преподаватель каф. почвоведения ФГОУ ВПО ПГСХА имени академика Д.Н. Прянишникова. Почвоведение, лабораторный практикум. // Л.А. Михайлова, к-тс-хнаук, зав. каф. агрохимии ФГОУ ВПО ПГСХА имени академика Д.Н. Прянишникова 2006г. 33с.
6. Климат Калининграда // Погода и Климат URL: <https://is.gd/vLg1P6> (дата обращения: 25.12.18)
7. КЛИМАТ РАЗБОЛТАЛСЯ: Региональные явления глобального изменения климата в Калининградской области. Калининград: Экозащита, 2018. 32 с
8. Наумов В.А. Результаты статистического анализа региональных гидрологических и климатических рядов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-statisticheskogo-analiza-regionalnyh-gidrologicheskikh-i-klimaticheskikh-ryadov> (дата обращения: 28.02.2019).
9. Теодоронский В.С. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры : учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В. С. Теодоронский, Е. Д. Сабо, В. А. Фролова; под ред. В. С. Теодоронского.- 3-е изд., стер.- М.: Издательский центр, 2008. - 352 с.