



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ- 2017

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
“ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ 2017”
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ЭКОЛОГИИ В РФ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

17-21 АПРЕЛЯ 2017 Г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»**

Проспект Свободный - 2017

Материалы научной конференции
посвященной Году экологии в Российской Федерации
17-21 апреля 2017 г.

Электронное издание

Красноярск
СФУ
2017 г.

Техника и технологии строительства

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Тодинов М. В.

Научный руководитель д-р техн. наук Емельянов Р. Т.

Сибирский федеральный университет

Развитие новых технологий строительного производства уже в ближайшем будущем позволит кардинально изменить взгляды на традиционные способы возведения зданий и сооружений, а также решит целый ряд проблем в строительной сфере. Одними из наиболее насущных являются: снижение себестоимости, влияние на экологию и увеличение скорости строительства, без потери качества. Рациональным решением этих проблем является использование 3D-технологии на основе аддитивного метода возведения строительных конструкций.

Что же представляет из себя данная технология? Специальный 3D-принтер путем экструзии (выдавливания) наносит пластичную бетонную смесь по заложенному программой контуру слой за слоем, тем самым наращивая стены. Быстротвердеющая смесь позволяет выдерживать все более увеличивающийся вес конструкции без ее разрушения, а машинная точность, скорость и сила принтера воспроизводить объемные формы невероятной сложности. Для возведения больших по размерам зданий и сооружений можно использовать несколько программно связанных между собой принтеров [1].

На сегодняшний день разработаны три основные конструкции строительного 3D-принтера: порталного типа, кранового типа и на основе робота - манипулятора. Принтеры порталного типа довольно громоздки и тяжелы, их транспортировка и установка требуют значительного времени и усилий. Их целесообразнее применять в промышленных условиях при производстве отдельных блоков и частей. Поэтому наиболее удобными являются устройства кранового и манипуляторного типов, так как они более универсальные, мобильные и компактные. И в отличие от порталного могут "печатать" дом как изнутри, так и снаружи в зависимости от конкретных условий. Для удобства перемещения по полю объекта печати принтеры могут быть оборудованы колесными тележками, гусеничными платформами или устройствами для перемещения по рельсам. Энергопотребление таких принтеров составляет 8-15 киловатт в зависимости от комплекта рабочего оборудования. На рисунке 1 приведена схема 3D-принтера.

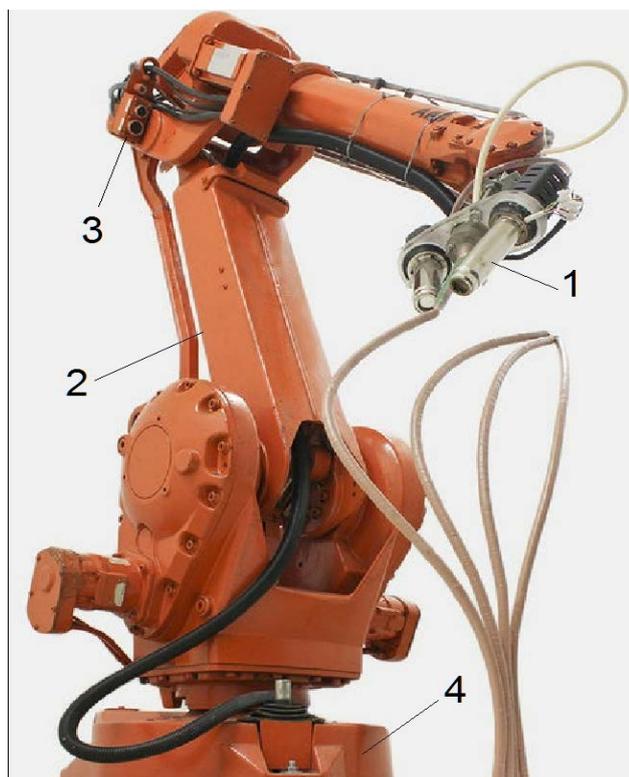


Рис.1 - Схема 3D-принтера на базе робота-манипулятора: 1 - экструдер - печатающая головка; 2 - подвижный корпус; 3 - датчики для стабилизации в пространстве (гироскоп, дальномер); 4 - передвижное устройство.

Для возведения строительных конструкций 3D-принтер использует специальную быстротвердеющую бетонную смесь на основе цемента, известняка или кварцевого песка, армированную стальной или полимерной микрофиброй. Стекловолокно повышает сопротивление состава к трещинообразованию, делает его более пластичным и удобоукладываемым. В композитах с использованием стекловолокна растягивающие напряжения воспринимает на себя фибра, что существенно повышает сопротивление такого материала растяжению и изгибу [3]. Для улучшения качеств материала могут применяться минеральные добавки и суперпластификаторы. А использование местного сырья и переработанных строительных отходов позволит снизить его стоимость на 25-30%. Такой специальный бетон обладает преимуществами в сравнении с обычным бетоном: высокой прочностью на сжатие и удар, устойчивостью к замораживанию и оттаиванию, стойкостью к химическому воздействию, а также сниженной паропроницаемости. Строительная смесь поставляется в сухом виде и смешивается с водой и добавками в бетоносмесителе, после чего компрессором подается непосредственно на печатающую головку принтера.

Использование обычных бетонных растворов невозможно, так как итоговая конструкция может не соответствовать требованиям безопасности, механической прочности, водо- и паропроницаемости, огне- и морозостойкости.

С помощью таких программ как AutoCAD, SketchUP, 3Ds Max можно моделировать и возводить 3D-принтером различные конструкции:

- Стены и фундаменты. 3D-принтер отпечатывает их контур по типу несъемной опалубки, пространство которой армируется и заполняется бетоном. Все отверстия под инженерные коммуникации, водопровод, электропроводку спроектированы заранее и закладываются в ходе печати. Смена насадок экструдера позволяет менять толщину опалубки, тем самым влияя на вес конструкции, прочность и теплоизоляционные характеристики [2].

- Отдельные блоки и элементы;

- Монолитные перекрытия;

- Малые архитектурные формы (лавочки, навесы, беседки).

Печать домов 3D-принтером имеет существенные преимущества перед традиционными технологиями. Скорость работы принтера позволяет сократить время строительства на 50-70%. К примеру монолитный каркас двухэтажного жилого дома в 100 м² можно построить за двое суток. А полный срок строительства, включая монтаж кровли, проведение всех инженерных коммуникаций, установку окон и дверей, составит чуть меньше недели. При этом стены получаются настолько ровными и качественными, что можно сразу же приступить к финишной отделке.

Важным преимуществом является и более низкая стоимость жилья, построенного по технологии 3D печати. Она достигается главным образом в результате снижения материалоемкости строительства, привлечении меньшего количества техники, инструментов и рабочих. Один 3D-принтер способен заменить небольшую бригаду монтажников, ведь для его эксплуатации требуется всего двое - оператор и человек, контролирующий подачу смеси. Таким образом цена за те же 100 м² монолитного каркаса составит 500 тыс. рублей.

Нельзя оставить без внимания и экологичность рассматриваемой технологии. В процессе строительства не образуется строительного мусора, требующего вывоза со строительной площадки и утилизации, а снижение вредных выбросов уменьшит ущерб, наносимый окружающей среде. К тому же значительно уменьшаются риски для здоровья рабочих, выполняющих работы в опасных условиях и имеющих дело с токсичными материалами.

3D-принтеры открывают широкие просторы для творчества архитекторов и дизайнеров. Высокая точность (0,5-1 мм) и качество позволяют воплощать самые смелые идеи и строить формы любой геометрии и сложности. Купольные, дугообразные, остроугольные – все эти формы могут быть с легкостью отпечатаны [1].

Технология печати зданий и сооружений имеет широкий спектр применения как в жилом строительстве, так и в промышленном. На данный момент прототипы 3D-принтеров

для строительства имеют очень высокую цену и могут быть приобретены лишь крупными компаниями. Но рост числа производителей устройств и развитие конкуренции в этой сфере сделает технологию 3D печати доступной и для обычных людей.

3D-принтеры идеально подходят для осуществления социальных программ по строительству жилья для переселенцев, малоимущих, людей пострадавших от стихийных бедствий. Появится возможность строить дома в сложных климатических условиях. Например в активно осваиваемой Арктике – при строительстве поселков для нефтяников, геологов, инженеров. Развитие этой территории имеет стратегическое значение для экономики многих стран. В 2030 году планируется отправка первой группы людей для колонизации Марса. Строительство по традиционным технологиям в условиях отсутствия атмосферы затруднено. Поэтому в постройке жилых модулей для колонистов будут участвовать именно строительные роботы.

Мир все больше и больше подходит к использованию автоматизированных систем. В будущем роботы будут выполнять процессы в основных отраслях. Сюда относится и строительная отрасль. Машины смогут печатать не только несущие конструкции стен, фундаментов и перекрытий, но и конструкции покрытий, инженерные коммуникации, сантехнику. Технология 3D печати зданий имеет массу преимуществ перед традиционным строительством. Она позволяет возводить качественное и недорогое жилье в очень короткие сроки.

Список использованных источников

1. Khoshnevis B. Automated construction by contour crafting – Related robotics and information technologies, *Automation in Construction*, 2004, 13(1) , 5-19.
2. Lim S., Buswell R.A., Le T.T., Austin S.A., Gibb A.G.F., Thrope T. Developments in Construction-Scale additive manufacturing processes, *Automation in Construction*, 2012, 21, 262-268.
3. Ватин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С., Зыкова В.В., Карпеня А.Н., Ким А.А., Финашенков Е.А. 3D-печать в строительстве. *Строительство уникальных зданий и сооружений*, 2017, 1(52), 27-46.

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПО ДРОБЛЕНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шелковников Р. А.

Научный руководитель Турышева Е. С.

Сибирский федеральный университет

Измельчение строительных материалов представляет собой массовый и весьма энергоемкий технологический процесс. Мировое производство порошкообразных строительных материалов достигло 7 млрд. т в год. Энергозатраты на измельчение такого объема материалов приблизились к 150 млрд. кВт·ч, т.к. операции измельчения характеризуется высоким энергопотреблением, достигающим 55-60 кВт·ч на тонну продукта, и большой металлоемкостью - до 10 т на т/ч продукта. Проблема необходимости снижения энергопотребления при измельчении строительных материалов существует и требует своего решения. Решение данной проблемы возможно за счет наложения высокочастотных колебаний на рабочие органы дробилок, что позволит снизить энергопотребление и металлоемкость процесса дезинтеграции. Так, использование высокочастотных дробилок и мельниц позволит повысить энергоэффективность различных технологий, таких как: дезинтеграция горных пород; измельчение песка, извести, доломита; производство цемента; производство пылеугольного топлива; производство водоугольного топлива из угольного шлама; производство песка и сырья для пенотехнологий из гранитного отсева. Для дробления известняка, извести, доломита и подобных строительных материалов предлагается конструкция высокочастотной конусной дробилки с круговыми колебаниями внешнего конуса в горизонтальной плоскости рис. 1, рис. 2.

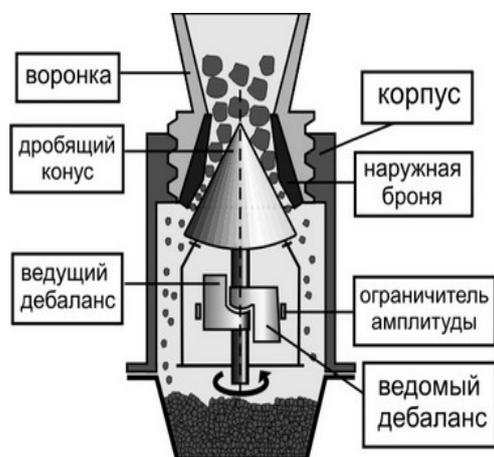


Рис. 1 - Высокочастотная конусная дробилка



Рис. 2 - Пример конусной дробилки

Для решения проблемы энергозатратности и занимаемой большой площади оборудованием, предлагается отделение для помола сырья и отделение для помола клинкера.

Отделение помола сырья, рис. 3, включает дробилку ВКДС для грубого измельчения материала, пневмоклассификатор (ПК) для разделения продукта измельчения, мельницу ВУМС для тонкого помола и служит для измельчения различных строительных материалов, таких как известняк и доломит [1, 2]

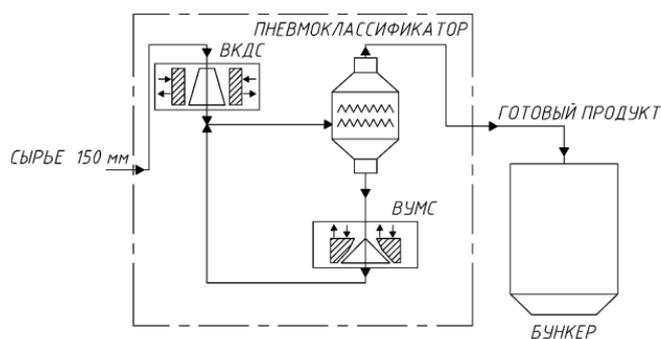


Рис. 3 - Отделение помола сырья

Материал размером до 150 мм поступает в дробилку ВКДС, где происходит его дробление. Продукт дробления (30-40% мельче 0,05 мм; 60-70% крупнее 0,05мм) попадает в ПК. Легкие частицы подхватываются всасывающим потоком, создаваемым вентилятором, и транспортируются в бункер, а тяжелые падают на дно классификатора, и разгружаются в мельницу ВУМС. Продукт измельчения ВУМС (60–70% мельче 0,05 мм; 30–40% крупнее 0,05мм) попадает в ПК, где происходит его разделение. Шнековый питатель бункера разгружает продукт (частицы мельче 0,05мм) в транспортную систему.

Таким образом, область применения высокочастотной дробилки – предварительное дробление и измельчение кусковых материалов исходным размером до 120–150 мм. Высокочастотная дробилка типа ВКДС с такими показателями позволит заменить в традиционной технологии дробилку мелкого дробления со стержневой мельницей и разгрузит шаровую мельницу. При этом снижается минимум в два раза энергоемкость процесса измельчения материала, а значит себестоимость продукта дробления. Помимо низкого уровня потребления электроэнергии, указанная дробилка-мельница характеризуется еще и высокой надежностью за счет того, что подшипники рассчитаны на 40 000 часов работы. Ремонтопригодность дробилки обеспечивается легким доступом к элементам привода и использованием стандартных узлов [1, 3]

Отделение помола клинкера рис. 4 включает мельницу ВУМС для тонкого помола и ПК для разделения продукта измельчения.

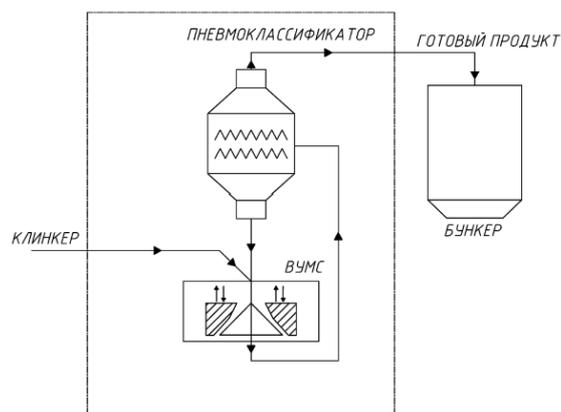


Рис. 4 - Отделение помола клинкера

Клинкер размером до 40 мм поступает в мельницу ВУМС, где измельчается. Продукт измельчения (60–70% мельче 0,05 мм; 30–40% крупнее 0,05мм) попадает в ПК. Легкие частицы (меньше 0,05мм) подхватываются всасывающим потоком, создаваемым вентилятором, и транспортируются в бункер, а тяжелые падают на дно классификатора, и возвращаются в мельницу ВУМС на доизмельчение.

Использование этих двух отделений вместе, включающих высокочастотные машины, позволяет модернизировать технологию производства цемента. В технологии производства цемента предусмотрены этапы измельчения сырья, обжига гранул и помола клинкера. Измельчение сырья предусматривает сокращение размеров кусков породы с 900–1200 мм до 0,1 мм, что достигается дроблением материала в дробилке и помолом в шаровой мельнице. Измельчение клинкера обеспечивается в двухкамерной барабанной мельнице. Технология производства цемента с применением вибрационных машин до и после внедрения вибрационных машин представлена на рис. 5 [3, 4]

В результате внедрения вибрационных машин энергозатраты снизились на этапе измельчения сырья с 20 до 6 кВт·ч/т, а на этапе помола клинкера с 40 до 16 кВт·ч/т.

Рассмотрим процент продукта дробления мельче 100 мкм у различных дробильных машин.

Дробилка ВКДС – 48% продукта.

Стержневые мельницы – не более 20% продукта.

Vibrocone и КИД 1500 – не более 15% продукта.

МДТ-2200 – не более 5% продукта.

ВКДС + ВУМС – 63% продукта.

Дробилки-мельницы вышеуказанного типа являются основой для создания энергосберегающих технологий измельчения строительных материалов, а в сочетании их с дробилками крупного и среднего дробления и системами сепарации энергопотребление всего

комплекта машин дробильно-измельчительного передела при образовании класса 0.071 мм не превысит 10 кВт·ч/т [5].

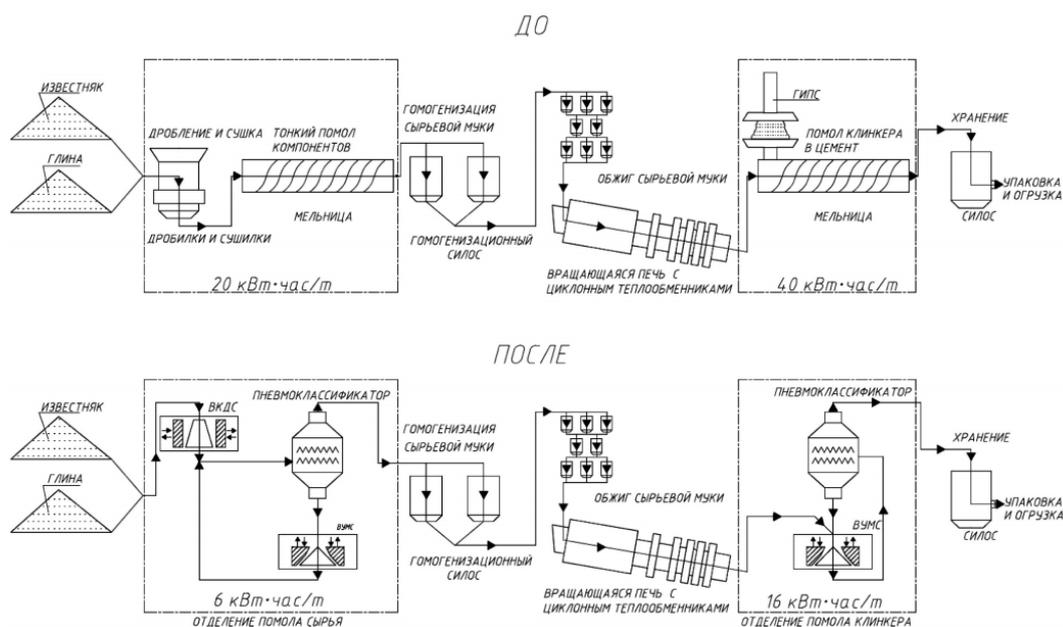


Рис. 5 - Технология производства цемента с применением вибрационных машин до и после внедрения вибрационных машин

Вывод: Замена барабанных мельниц на высоко- частотные дробилки-мельницы обеспечит:

- снижение энергозатрат в 4-5 раз;
- сокращение расхода мелющих тел в 8–10 раз;
- сокращение производственных площадей в 1.5-2 раза;
- уменьшение капитальных затрат в 1,5–2 раза;
- повышение качества цемента на 15%, за счет увеличения площади поверхности его частиц, при повышении выхода готового по крупности цемента на 5%, благодаря сокращению намола частиц мельче 5 мкм, склонных к конгломерации.

Список использованных источников

1. Батулов А.И., Сапожников А.И. Устройство для исследования процесса деформирования грунтов.
2. Васильев С.Н., Сапожников А.И. Вибрационная установка.
3. Батулов А.И., Сапожников А.И. Виброрыхлитель.
4. Патент на изобретение «Конусная дробилка».
5. Сапожников А.И. Повышение эффективности динамического рыхлителя мерзлых грунтов. Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04. Ленинград, 1984.

АНАЛИЗ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УЧАСТКОВ Г. КРАСНОЯРСКА ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО

Каширцев М. С., Насырова А. Н.

Научный руководитель канд. тех. наук Клиндух Н. Ю.

Сибирский федеральный университет

Исторически сложилось, что при возведении каких-либо зданий предпочтение отдавалось участкам, которые были наиболее ровнее. Участки со сложным рельефом, например, крутые склоны, оставались в стороне и считались непригодными для строительства. В результате чего в каждом городе, в том числе Красноярске, можно наблюдать большие неосвоенные территории со сложным рельефом местности. Однако, стремительный рост города, желание населения быть ближе к окружающей среде и другие факторы подталкивают архитекторов пересмотреть свое отношение к таким земельным участкам. Город Красноярск отличается весьма интересным географическим положением - около половины площади города занимают хребты, а это значит, что, для нашего города, строительство на крутых склонах является одним из приоритетных.

В черте города Красноярск нами были отмечены местности с резкими перепадами высот (рис.1). Такие участки преобладают как на правом берегу, так и левобережье. Большая их часть преобладает на правом берегу, где находится заповедник Столбы, по вполне понятным причинам строительство здесь проходить не может. Помимо Заповедника Столбы на этом берегу нами отмечена территория между Березовкой и Лукино. На левом берегу выделены такие участки как: поселок за мкр. Солнечный, между часовней Параскевы Пятницы и улицей 2-й Брянской, вдоль улицы Калинина и рядом с п. Солонцы, береговой склон реки Енисей в Студенческом городке и Николаевская сопка.

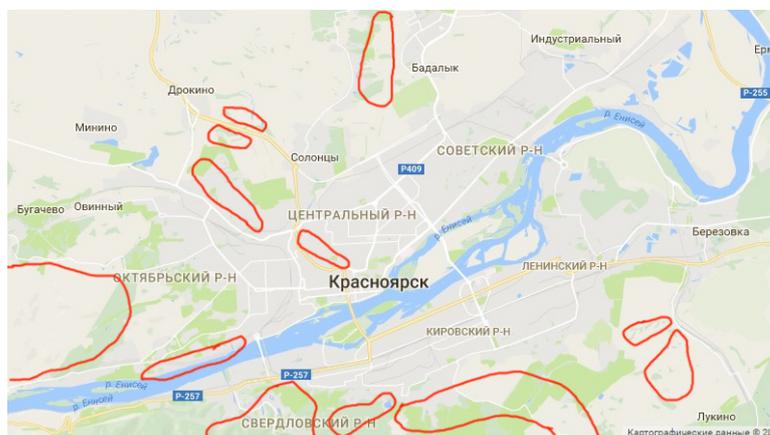


Рис. 1 - Местности с резкими перепадами высот в г. Красноярск

Рассмотрим каждый из выбранных участков. Так, выбранные участки на правобережье (исключая заповедную зону) находятся на V надпойменной террасе, где преобладают супеси, суглинки, ниже галечники, таким образом, мощность отложений около 40-60 метров [1]. Причем части разреза имеют незначительную естественную влажность (до 7%), значительную пористость (более 50%), пылеватые. Все это обуславливает большую просадочность и легкую размываемость пород, снижающих строительные свойства массива [1].

За микрорайоном Солнечным участок возвышенности относится к IX надпойменной террасе [2], на которой представлены супеси суглинки и галечники. Такие отложения являются просадочными и для гражданского и промышленного строительства являются малопригодными.

Николаевская сопка находится так же на IX надпойменной террасе [2], на ней преобладают ордовик – силурийские отложения представленные туфами и порфиритами [1]. Такие отложения устойчивы к различным агентам выветривания и имеют высокую прочность, относятся к классу высокопрочных.

Прибережная зона реки Енисей – академегородок и студгородок относятся к VII надпойменной террасе – 100-120 метров от р. Енисей [1]. Основание представлено галечниками, выше глинами, суглинками и супесями. Такой грунт содержит значительное количество пылеватых частиц, с глубиной просадочность уменьшается. Степень надежности как оснований для сооружений определяется их слабой просадочностью, сжимаемостью, склонностью к суффозионно – эрозионным процессам [1].

Вдоль улицы Калинина и неподалеку от п. Солонцы – относится к IV надпойменной террасе – 20-30 метров над уровнем р. Енисей. В основании галечники, после – мелкозернистые пески, супеси, суглинки и глины с прослоями мелкой гальки, выше – пачка лессовидных супесей и суглинков [1]. Как и в случае с участком на правом берегу это обуславливает большую просадочность и легкую размываемость пород, снижающих строительные свойства массива [1].

В районе Караульной голы на поверхности грунт представлен супесями, суглинками и мергелями, на значительной глубине в прослойках наблюдаются известняковые отложения. Также как и в прошлом примере, данные характеристики грунта отрицательно скажутся на строительстве этой территории, из-за просадочных свойств такого состава грунта.

Таким образом, для строительства на крутом склоне наиболее благоприятная с точки зрения оснований – Николаевская сопка. Другие земельные участки так же пригодны для возведения на них зданий и сооружений, но они требуют к себе повышенного внимания, что вероятнее всего потребует дополнительных расходов на их освоение.

Строительство в таких условиях характеризуется и рядом других проблем. Одними из них являются проблемы возникновения оползней и вод, отрицательно влияющих на грунт. Причем не менее важное значение имеет не только глубина грунтовых вод, но и так называемая глубина локальных грунтовых вод (далее как глубина ЛГВ). Это означает, что каждый дом будет сталкиваться с тем, что с верха склона будут регулярно стекать стоки вод - дождевых и талых. Для того чтобы избежать попадания влаги в фундамент, необходимо изначально правильно устроить их сток без вреда на здание. Это можно осуществить, с помощью устройства дренажей, подпорных стенок, а так же грамотным подбором уклонов на участке. Перечисленные меры относятся и к решению проблемы образования оползней.

Дренажи в этом случае используются осушительные закрытые. Нужно располагать таким образом, чтобы, он находился ниже уровня ЛГВ. Благодаря нему, сток стал бы организованным, и его можно было направить в заранее определенное место, где он мог бы не оказывать отрицательное влияние.

Устройство подпорной стенки является вариантом предотвращения попадания влаги в фундамент и широко распространено в обустройстве участков на склонах - террасирование. Она может состоять из дерева, кирпича, бетона или натурального камня. Под нее устанавливается фундамент, а так же дренаж для усиления прочности стенки. Как правило, такой метод является дорогостоящим, но довольно действенным. Одной из важных задачи подпорной стенки является и укрепление склона. Для предотвращения скольжения грунта применяют систему террас с последующим их укреплением, например, георешеткой.

Одним из популярных методов борьбы с ЛГВ является устройство уклонов на проблемном участке. Необходимо создать искусственный уклон со всех сторон здания, исключая сторону, где уже присутствует естественный откос, с помощью отсыпки грунта и последующим уплотнением. Таким образом, сток воды бы скапливался в относительно далеких местах от объекта, где бы были установлены дренажи. (рисунок)

Несмотря на то, что наличие ЛГВ является негативным фактором, решение этой проблемы может обрести и положительный характер. Например, можно устроить дренажи таким образом, чтобы собранная вода была бы использована для полива близлежащих садов. Для этого может быть использованы открытые или закрытые дренажи в зависимости от условий местности и функций отвода. При использовании дренажных колодцев вертикального дренажа с откачкой воды так же можно было бы освоить его под полив почвы. И, конечно, нельзя забывать о растительности на участке сложного рельефа, ведь таким образом частично решается проблема подмывания грунта, оползней, а помимо этого разнообразные растения гармонично впишутся в такой пейзаж.

Подводя итоги, нами были выявлены местности со сложным рельефом, а именно крутые склоны. Так, строительство в таких условиях не вызвало бы особенных на Николаевской сопке. Менее всего подходят для возведения каких-либо объектов – местность около Зыково, Березовки и Лукино, набережная р. Енисей в р-не академгородка, гора Караульная и местность вдоль улицы Калинина и неподалеку от п. Солонцы а также за мкр. Солнечный. Не следует относить земельные участки со сложным рельефом к «недосягаемым», ведь главное правильно организовать строительство и обустроить участок так, чтобы избежать дискомфорта от жизни на склоне.

Список использованных источников

1. Бурлакова М.А. *Учебная практика по инженерной геологии*: [учебное пособие для студентов строительного и автодорожного факультетов]. Красноярск: Красноярский политехнический институт, 1974. – 50 с.,

2. Сазонов А.М., Цыкин Р.А., Ананьев С.А., Перфилова О.Ю., Махлаев М.Л., Сосновская О.В. Путеводитель по геологическим маршрутам в окрестностях г. Красноярск: [учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», «Прикладная геохимия, петрология, минералогия»]. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. – 202 с.